

Tadeáš Zemančík

Konstrukce přípravku na vytloukání lakovacích háčků

Tool Design for Hammering out of Varnishing
Hooks

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Konzultant:

Ing. Daniel Kurač

Ostrava 2021

Bibliografický záznam

Autor: Tadeáš Zemančík, ZEM0142

Název práce: Konstrukce přípravku pro vytloukání lakovacích háčků

Studijní program: B2341 Strojírenství

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Daniel Kurač

Akademický rok: 2020/2021

Počet stran: 45

Klíčová slova: přípravek, lis, stabilizátor

Anotace bakalářské práce

ZEMANČÍK, Tadeáš. *Konstrukce přípravku na vytloukání lakovacích háčků*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra konstruování, 2021, 45 s. Bakalářská práce, Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D., Konzultant: Ing. Daniel Kurač

Bakalářská práce se zabývá konstrukcí přípravku, určeného na vytloukání lakovacích háčků, pro nadnárodní firmu zabývající se automotive. Úvod práce se zabývá vysvětlením, co je stabilizátor a následně popisem samotné výroby stabilizátoru. Dále se práce zabývá samotným konstrukčním řešením přípravku. To zahrnuje volbu vhodného stroje, pro který bude přípravek navrhnut. Následně se práce zabývá návrhem vlastního stroje určeného primárně pro tento přípravek. V práci se nachází srovnání těchto dvou řešení. Součástí práce je výkresová dokumentace přípravku a vlastního stroje a jejich technickoekonomické zhodnocení.

Annotation of bachelor thesis

ZEMANČÍK, T.: *Tool Design for Hammering out of Varnishing Hooks*. Ostrava: VŠB, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine and Industrial Design, 2021, 45 p. Bachelor thesis, Supervisor: doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D., Consultant: Ing. Daniel Kurač

The bachelor's thesis deals with tool design for hammering out of varnishing hooks for a multinational company engaged in automotive. The introduction deals with an explanation of what a stabilizer is and subsequently description of the production of stabilizer. Furthermore, the work deals with the design of the tool itself. This includes choosing a suitable machine available in the workshop which the tool is designed for. Afterwards the work deals with designing my own machine created primarily for the tool. The work contains a comparison of these two solutions. Part of the work is the drawing documentation of the tool and the machine itself and their technical and economic evaluation.

Obsah

	Seznam použitých značek a symbolů	5
	Úvod	6
1	Zkrutný Stabilizátor	7
1.1	Výroba stabilizátoru	9
1.2	Vytloukání lakovacích háčků	13
1.3	Lišta s lakovacími háčky.....	14
2	Volba stroje	16
3	Konstrukční řešení přípravku na vytloukání háčků	18
3.1	Zásady konstrukce přípravku	18
3.2	Popis samotného přípravku	18
3.2.1	Popis horní části přípravku.....	19
3.2.2	Popis spodní části přípravku	21
3.3	Popis funkce přípravku.....	22
4	Vlastní lis.....	26
4.1	Konstrukce vlastního stroje.....	27
4.1.1	Konstrukčního řešení těla lisu	28
4.1.2	Konstrukční řešení stojanu.....	29
4.2	Příslušenství	30
4.2.1	Dvojruční ovládání	30
4.2.2	Příslušenství pro přípravek na vytloukání lakovacích háčků.....	30
4.3	Kontrola těla lisu	32
4.4	Kontrola závitů matice na otláčení	39
5	Cenová kalkulace	41
	Závěr	42
	Poděkování	43
	Literatura	44
	Seznam příloh.....	45

Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Název	Jednotka
d	Jmenovitý průměr závitu	[mm]
d_1	Malý průměr závitu	[mm]
d_2	Střední průměr závitu	[mm]
g	Gravitační zrychlení	[m/s ²]
m	Hmotnost zatížení	[kg]
p	Tlak na první 3 závity matice	[MPa]
p_v	Tlak ve válci	[MPa]
p_D	Povolené napětí na otláčení ve stykových plochách	[MPa]
z	Počet otláčovaných závitů	[-]
z_{\min}	Minimální posunutí v ose "X" na upínací desce	[mm]
z_{\max}	Maximální posunutí v ose "X" na upínací desce	[mm]
D_v	Průměr válce	[mm]
F	Síla válce	[kN]
G	Gravitační síla	[N]
P	Rozteč závitu	[mm]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
S	Obsah plochy průřezu válce	[mm ²]
S_p	Otláčovaná plocha rozvinutých závitů	[mm ²]
X	Šířka upínací desky	[mm]
Z	Posunutí v ose "Z"	[mm]
α	Maximální úhel vyosení válce	[°]
π	Ludolfovo číslo	[-]

Úvod

Automobily jsou dnes nedílnou součástí našich životů, ať jste profesionální řidič nebo jenom jedete nakoupit, automobil vám umožňuje překonat velké vzdálenosti za krátkou dobu. Zde přichází na scénu obrovské množství různých součástí, zařízení a strojních celků ze kterých se automobil skládá. Jedním takovým systémem je odpružení vozidla, které zajišťuje neustálý styk kol s vozovkou a pohodlí na které jsme při jízdě zvyklí. V dnešní době je samozřejmou součástí odpružení téměř každého vozidla stabilizátor.

Stabilizátor je jednoduchá konstrukční součást a dnes již nedílnou součástí automobilů. Zlepšuje ovladatelnost vozidla v zatáčkách a pomáhá vyrovnávat vozidlo při průjezdu přes nerovnosti na vozovce. Při průjezdu zatáčkou se hmotnost auta v důsledku odstředivé síly přesouvá na vnější stranu zatáčky a tím má tendence auto překlopit. Toto je nežádoucí jak pro ovládání vozu, tak pro pohodlí cestujících. Stabilizátor minimalizuje tyto nežádoucí efekty.

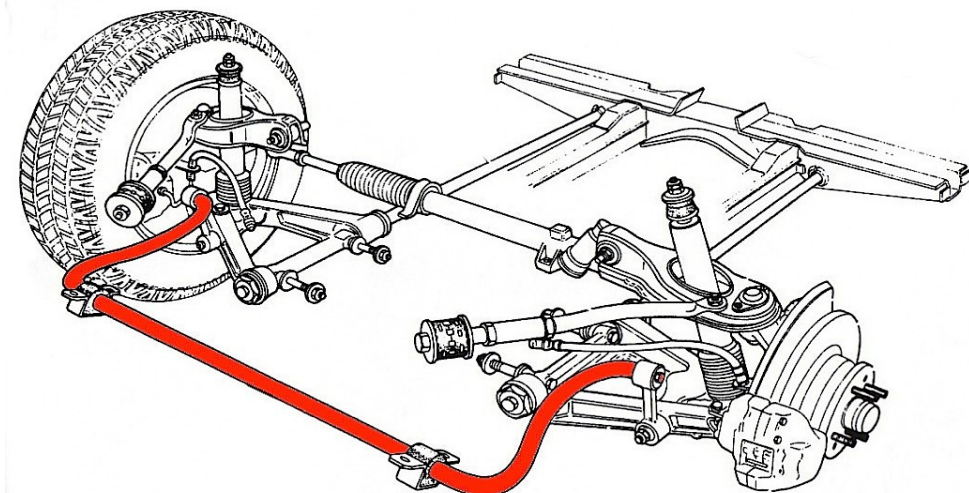
Teoretická část práce se dále zabývá popisem stabilizátoru, důvodem jeho použití a způsobem jeho funkce. Následně se práce zabývá jednotlivými operacemi výroby. Cílem práce je navrhnout konstrukci samotného přípravku na vytloukání lakovacích háčků pro společnost. Tyto háčky jsou používány při lakování stabilizátorů. Účelem přípravku je zjednodušení a zrychlení samotného procesu vytloukání háčků a tím celkové zefektivnění výroby stabilizátorů ve firmě.

Před samotným konstrukčním návrhem je potřeba vytipovat vhodný stroj, pro který bude přípravek navrhnout. Toto je provedeno v závislosti na potřebných parametrech nutných pro správné a efektivní fungování přípravku. Dalším důležitým faktorem při volbě vhodného stroje je jeho dostupnost, tedy pokud je nějaký vhodný stroj na dílně firmy, je mu dána přednost před jiným.

Zároveň je v práci obsažen návrh vlastního lisu. Zhodnocení praktických a ekonomických výhod či nevýhod obou řešení, při provozu na vlastním lisu nebo stroji z dílny. Důležitými aspekty při návrhu přípravku jsou složitost a s tím související cena výroby, životnost, a hlavně jeho efektivnost. Součástí práce je porovnání efektivnosti přípravku ve vytipovaném a vlastním stroji a jejich technickoekonomické zhodnocení.

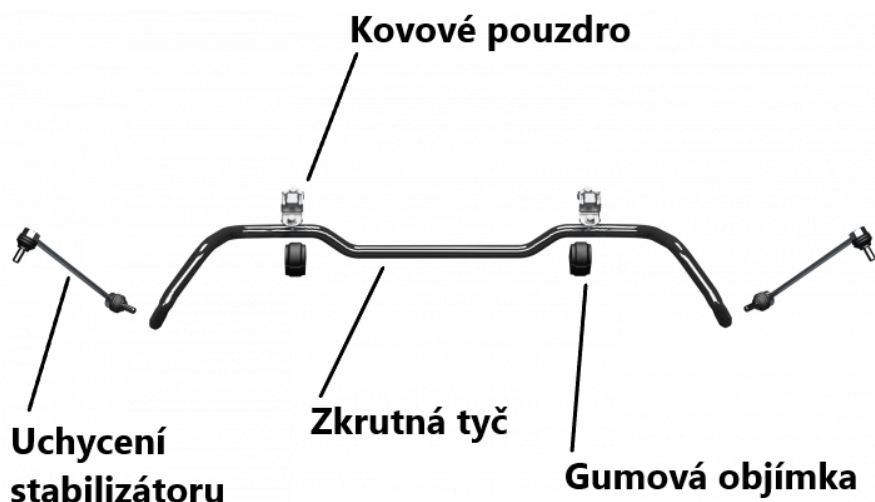
1 Zkrutný Stabilizátor

Je to v podstatě jednoduchá tvarovaná pružná tyč nebo trubka, která **spojuje obě strany odpružení vozidla (obr. 1.1)**. Dnes jsou běžnou součástí odpružení vozidel, **snižující náklon vozidla** v zatáčkách a na nerovnoměrných površích. Vytváří pružné spojení kol nápravy a snaží se zabránit naklonění vozidla, snahou minimalizovat rozdíl stlačení pružin, tím že přenáší část zatížení, zatíženého kola na protilehlé kolo, čímž zvyšuje celkovou tuhost zavěšení a zabraňuje naklonění.



Obrázek 1.1 – Stabilizátor na přední nápravě [1]

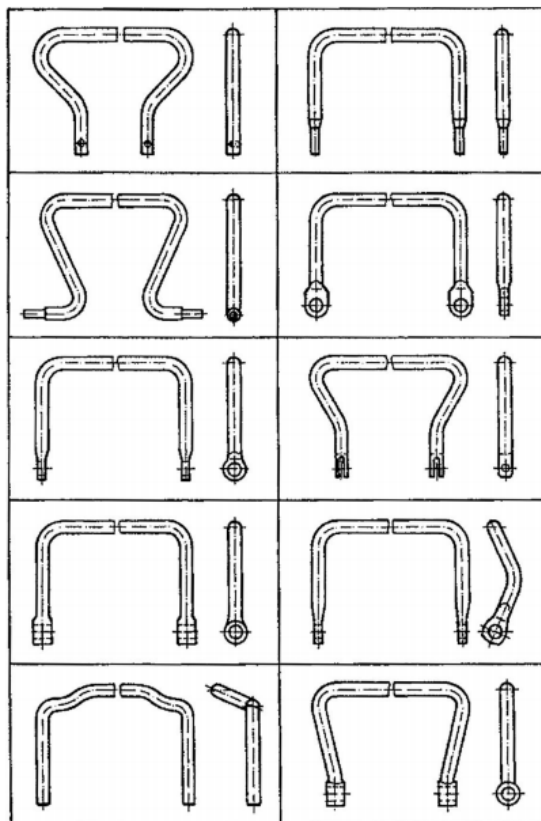
Činnost stabilizátoru je následující, pokud je náprava zatížena symetricky, stabilizátor neprovádí žádnou funkci, tyč stabilizátoru se jen pootočí v pouzdrech. Avšak jestliže pouze jedno kolo najede na nerovnost, pak je rameno stabilizátoru tlačeno směrem nahoru. Zkrutná tyč přenáší tento moment na druhé rameno stabilizátoru, čímž snižuje naklonění. Stejný princip funguje při průjezdu zatáčkou. Vozidlo při průjezdu zatáčkou, vlivem odstředivé síly, má tendenci se naklánět ven ze zatáčky, což způsobuje stlačování vnější pružiny. Zkrutná tyč je opět na tomto rameni tlačena směrem nahoru a opět přenáší tento moment na druhé rameno čímž redukuje naklonění vozidla, zlepšuje trakci a pohodlí cestujících [2].



Obrázek 1.2 – Popis stabilizátoru

Nevýhodou stabilizátorů je, že stabilizátor přenáší i sílu nárazu z jednoho kola na druhé. To může na nerovných površích vyvolat nepříjemné pohyby ze strany na stranu. Tohle závisí na tuhosti a průměru tyče nebo trubky. Další negativní vlastností je nadlehčování vnitřního kola při průjezdu zatáčkou. Tímhle může, při příliš vysoké tuhosti stabilizátoru, být způsobeno až zvednutí kola. Toto se využívá u mnoha sériových s předním náhonem. Zvednutím vnitřního zadního kola v zatáčce může pomoci s nedotáčivostí [3].

Schopnost stabilizátoru odolávat krutu je dána jeho tuhostí, ta přímo určuje schopnost stabilizátoru bránit naklopení vozidla. Čím tužší stabilizátor je, tím více kompresní síly je přenášeno na druhou pružinu. Tuhost stabilizátoru je funkcí průměru, tuhosti materiálu, profilu (tedy jestli je to trubka či tyč), délky ramen, geometrického tvaru a tuhostí uchyvacích bodů.



Obrázek 1.3 – Různá provedení stabilizátorů [4]

Konstrukce stabilizátoru pro běžná sériová auta není nikterak složitá. Jsou to jen trubky nebo tyče ohnuté do písmene „U“. Tyto tyče jsou pomocí kovového pouzdra s gumovou objímkou upevněny k rámu vozidla. Zároveň jsou ramena uchycena k jednotlivým zavěšením kol. Pokud to nejde napřímo, tak jsou použita uchycení s kulovými klouby. (obr. 1.2, 1.3 a 1.4)

U závodních nebo dražších vozů se používají složitější konstrukce. Mohou to být klasické zkrutné stabilizátory, které jsou ovšem k podvozku připojeny přes hydraulický píst, který je ovládaný řídicí jednotkou. Ta pomocí senzorů vyhodnocuje a mění tlak v hydraulickém pístu podle potřeby. Další možnosti jsou různé nastavitelné nebo odpojitelné stabilizátory [2].



Obrázek 1.4 – Uchycení stabilizátoru

1.1 Výroba stabilizátoru

Samotná výroba stabilizátoru začíná **uříznutím tyče nebo trubky**, z které se skládá podstatná část stabilizátoru. Polotovary s požadovanou délkou jsou dodávány ve svazcích. Svazky tyčí nebo trubek se umísťují do zásobníku, pomocí vysokozdvížných vozíků, kde jsou rozděleny a postupně přichystány k ohýbání (**obr. 1.5**).



Obrázek 1.5 – Polotovar tyče v zásobníku

Následně je tyč, respektive trubka **pozohýbána do požadovaného tvaru (obr. 1.6)**. Poté jsou konce některých trubkových stabilizátorů v lisu **ovalizovány**. Potom se pozohýbané trubky **zušlechťují**, některé typy se pouze popouští. Po vytáhnutí z pece se stabilizátory **rovnají** na rovnacích lisech z důvodů ohnutí v peci.



Obrázek 1.6 – Tyč stabilizátoru pozohýbaná do požadovaného tvaru

U všech stabilizátorů se následně **zploští a stříhají konce (obr. 1.7)**.



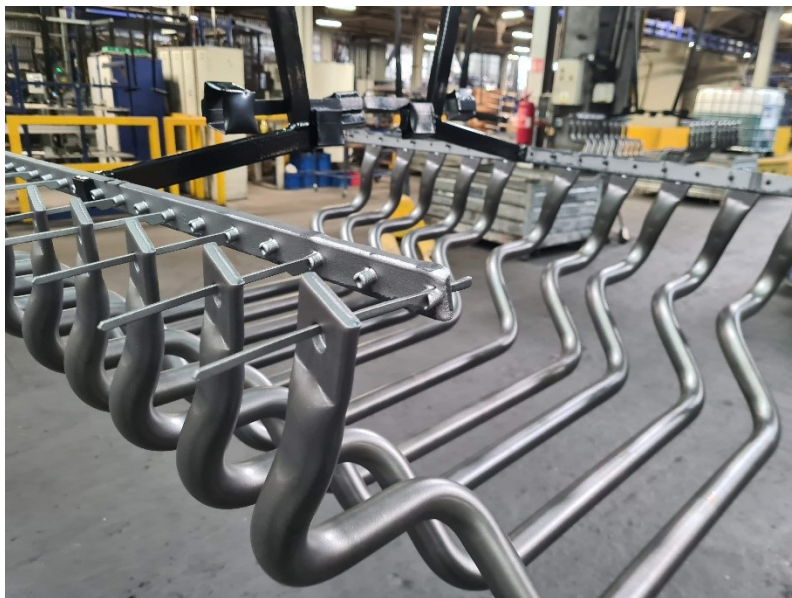
Obrázek 1.7 – Tyč stabilizátoru po stříhání a zploštění konců

Dále se všechny stabilizátory **tryskají** zvenku. Toto je nutné ze dvou důvodů za prvé se zpevní povrch stabilizátoru a za druhé se zlepší přilnavost barvy na stabilizátoru. **(obr. 1.8)**.



Obrázek 1.8 – Otryskaná tyč stabilizátoru

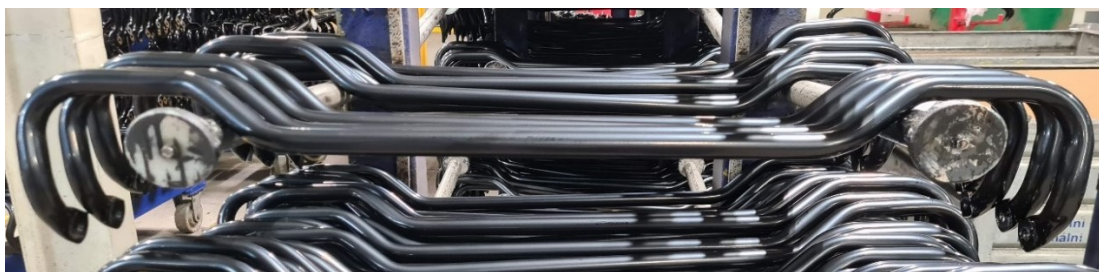
U tyčových typů s kroužkem se následně nalisují kroužky a následuje lakování. Stabilizátory jsou **zavěšeny na lakovacích háčcích** a ty jsou upnuty v lištách. Lišty jsou upnuty v lakovacích závěsech. (**obr. 1.9, 1.10 a 1.11**)



Obrázek 1.9 – Stabilizátory zavěšené na lakovacích háčcích v lakovací lince



Obrázek 1.10 – Stabilizátory zavěšené na lakovacích háčcích v lakovací lince



Obrázek 1.11 – Nalakované tyče stabilizátoru

Další operací je **montáž gumových objímek (obr. 1.12)**.

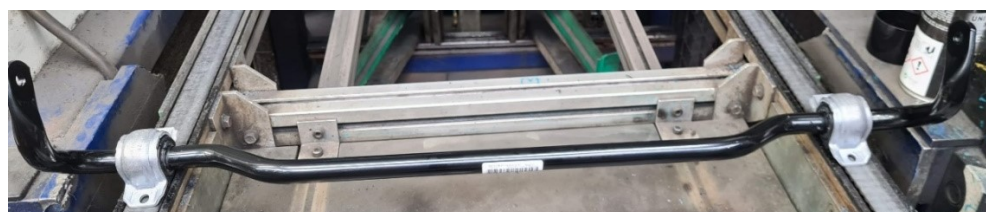


Obrázek 1.12 – Stabilizátor po montáži gumových objímek

Poslední operací je **montáž kovových pouzder (obr. 1.13 a 1.14)**.



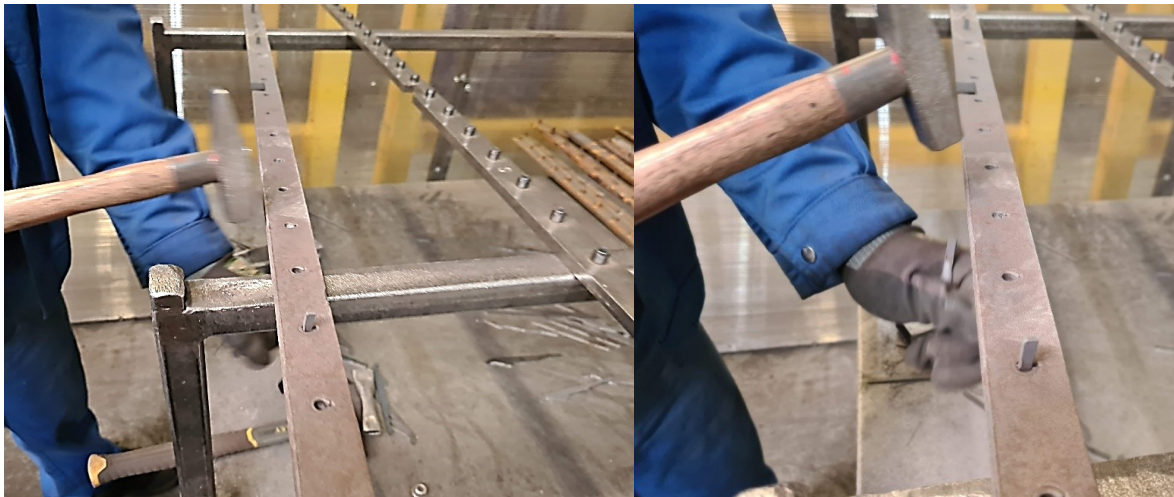
Obrázek 1.13 – Montáž kovových pouzder



Obrázek 1.14 – Hotový stabilizátor

1.2 Vytloukání lakovacích háčků

Háčky se **tryskají**, proto se oddělují od lišt. Háčky jsou ovšem **v lištách zatvrdlé** a vyžadují určitou sílu na oddělení. Do teď se háčky **vytloukaly ručně**, pomocí kladívka či jiného ručního nástroje (**obr. 1.15**). Sériovost celé výroby stabilizátoru vyžaduje, aby nevznikaly prostoje. Ty by způsobovaly zdržení a snižovaly produktivitu strojů.



Obrázek 1.15 – Vytloukání lakovacích háčků

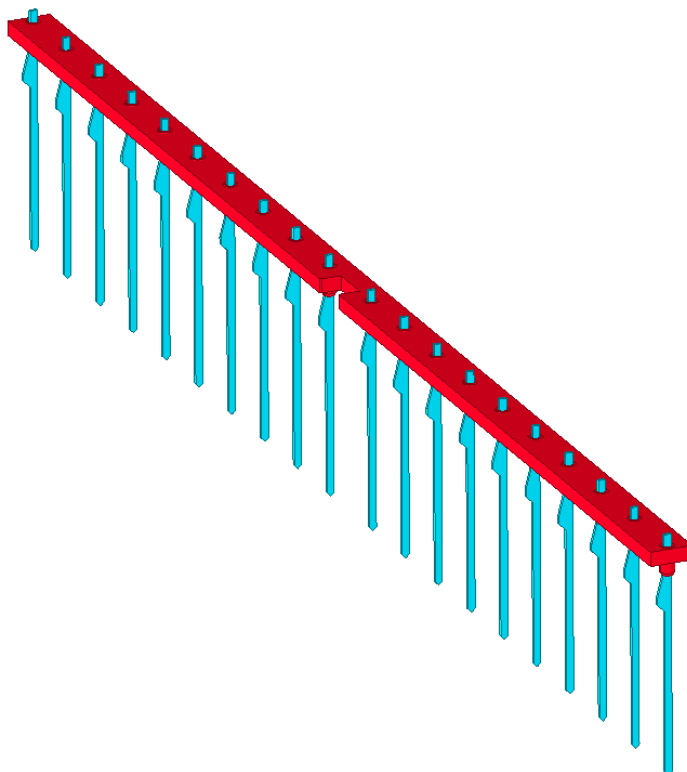
Následně se do lišty, ve které už nejsou háčky vsazují již otryskané háčky. Lišta s háčky je dále znova použita na lakovací lince (**obr. 1.16**).



Obrázek 1.16 – Lišty s lakovacími háčky připravené na lakovací linku

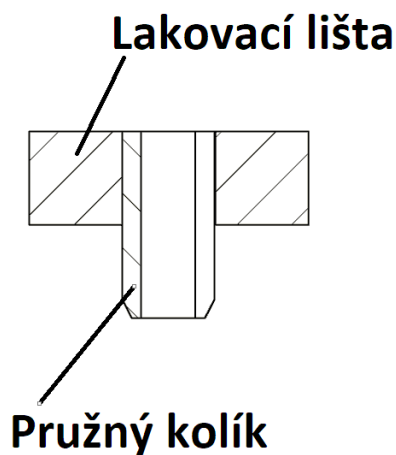
1.3 Lišta s lakovacími háčky

Jak již bylo zmíněno dříve, lišty s lakovacími háčky jsou zavěšeny na lakovacích závěsech, které jsou součástí lakovací linky. V lištách jsou upnuty lakovací háčky a na ty se zavěšují stabilizátory při lakování.



Obrázek 1.17 – Model lišty s lakovacími háčky použitý pro návrh přípravku

Pro různé tvary stabilizátorů se používají závěsy a lišty různých velikostí, rozměry lišt, ale bývají velmi podobné. Jako referenční lištu pro návrh tedy používám lištu vážící něco málo přes **2 Kg**, je dlouhá **1040 mm** a je v ní upnuto **20 háčků (obr. 1.17)**. Tyto háčky jsou natlačeny do pružných kolíků v liště (**obr. 1.18 a 1.19**). Přípravek navrhují tak, aby se do něj vlezla alespoň půlka celé lišty, tedy alespoň **520 mm**.

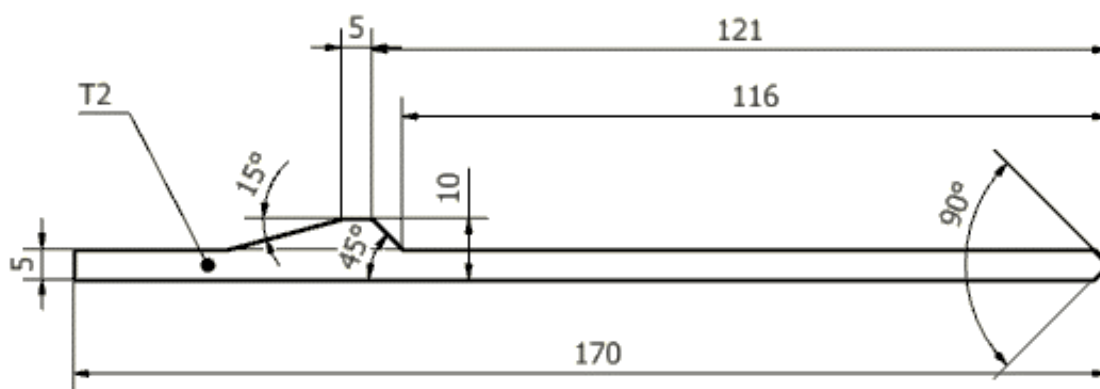


Obrázek 1.18 – Řez lakovací lištou



Obrázek 1.19 – Detail upnutí háčku v liště

Tak jako se používají různé závěsy a lišty, tak se používají různé háčky (**obr. 1.21**). Celý přípravek tedy navrhují tak, aby bylo možné vyhazovat i ten největší z nich. Počítám tedy s rozměry toho největšího, který se ve firmě aktuálně používá (**obr. 1.20**). Tento háček měří **170 mm**. Z lišty na stranu vyhození přesahuje asi **150 mm**. Sílu potřebnou pro vyhození háčku odhaduji na sílu podobnou úderu kladívka, tedy **400 N**.

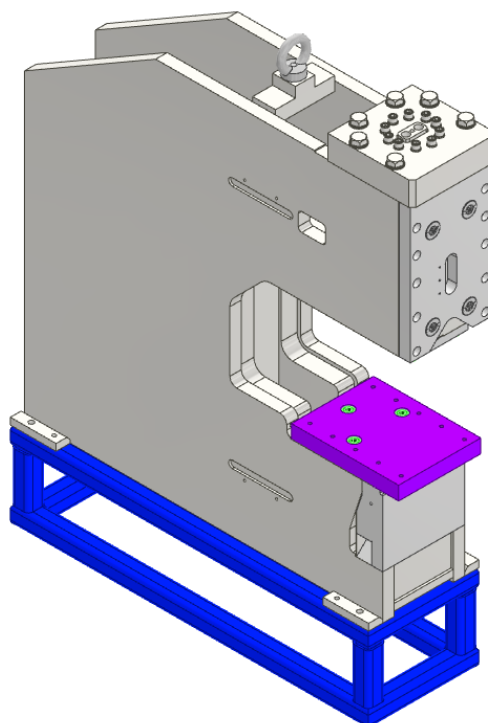


Obrázek 1.20 – Rozměry lakovacího háčku použitého pro návrh přípravku



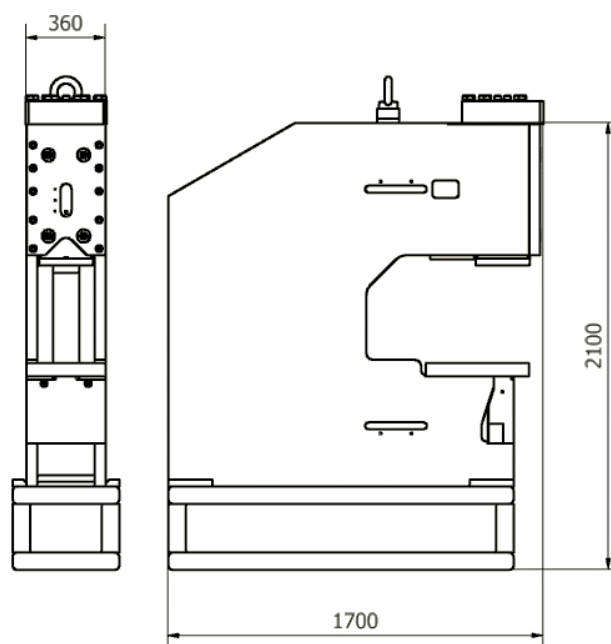
Obrázek 1.21 – Další možný tvar lakovacího háčku

2 Volba stroje



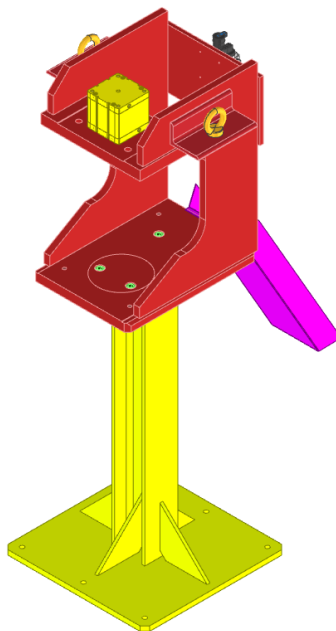
Obrázek 2.1 – Rovnací lis RP 6 (VP 1000)

Před návrhem samotného přípravku je potřeba zvolit stroj, pro který bude přípravek konstruován. Pro vyhození poloviny háčků stačí relativně malá síla **4000 N**, což umožňuje volbu menšího třeba i pneumatického lisu. Malý lis s pneumatickým válcem je dokonce i ekonomicky výhodnější. Rozhodl jsem se zvolit jeden stroj z dílny společnosti a jeden vlastní lis navrhnout. Ze strojů, co jsou na dílně a jsou k dispozici jsem zvolil rovnací lis **RP6 (VP 1000)** (obr. 2.1).



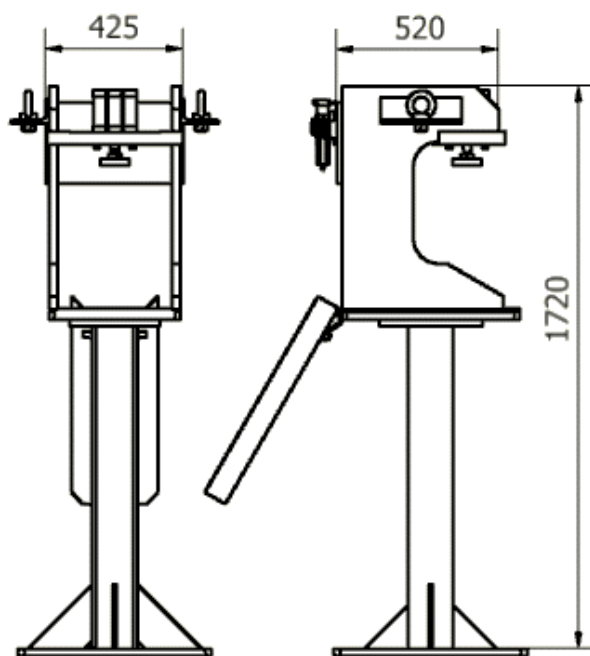
Obrázek 2.2 – Přibližné rozměry lisu RP 6 (VP 1000) v milimetrech

Tento stroj s hmotností necelých **3 tun** a silou přes **500 kN** je zbytečně silný a velký (**obr. 2.2**). Rozhodl jsem se tedy, navrhnout také svůj vlastní menší lis určený přímo pro přípravku. V práci se zabývám také porovnáním ekonomické a praktické stránky použití přípravku v těchto lisech.



Obrázek 2.3 – Vlastní lis

Tento lis je navržený primárně pro použití s přípravkem na vytloukání lakovacích háčků a používá místo hydraulického válce jenom válec pneumatický o síle **7360 N**. To je spolu s hmotností vrchní části přípravku více než **4000 N** potřebných pro vyhození **10**, tedy poloviny háčků z lišty (**obr. 2.3**). Zároveň byl lis navrhován tak, aby ho bylo v případě potřeby možné použít s hydraulickým válcem. S hmotností necelých **320 kg** je podstatně lehčí, menší a mobilnější než lis **RP 6 (VP 1000)** (**obr. 2.4**).



Obrázek 2.4 – Přibližné rozměry vlastního lisu v milimetrech

3 Konstrukční řešení přípravku na vytloukání háčků

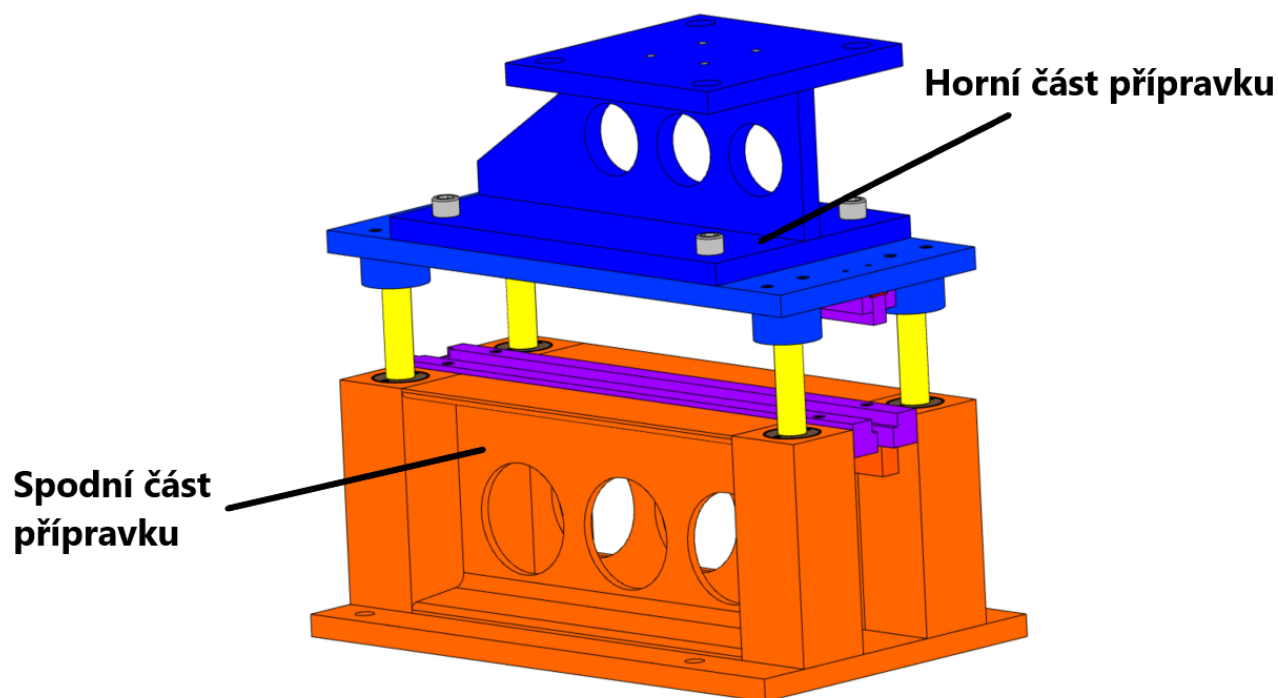
Ted' když mám vybrané stroje, mohu přejít ke konstrukci samotného přípravku. Přípravek jsem navrhoval pro použití na stroji **RP6 (VP 1000)**. Návrh vlastního stroje byl prováděn až po samotném návrhu přípravku.

3.1 Zásady konstrukce přípravku

Přípravky jsou speciální výrobní pomůcky určené pro usnadnění výroby. Zlepšují produktivitu, hospodárnost a bezpečnost výroby. Při konstrukci přípravku záleží, zda je určen pro kusovou či sériovou výrobu. Přípravek by měl být jednoduchý a levný na výrobu. Obsluha přípravku by měla pohodlná a jednoduchá [5].

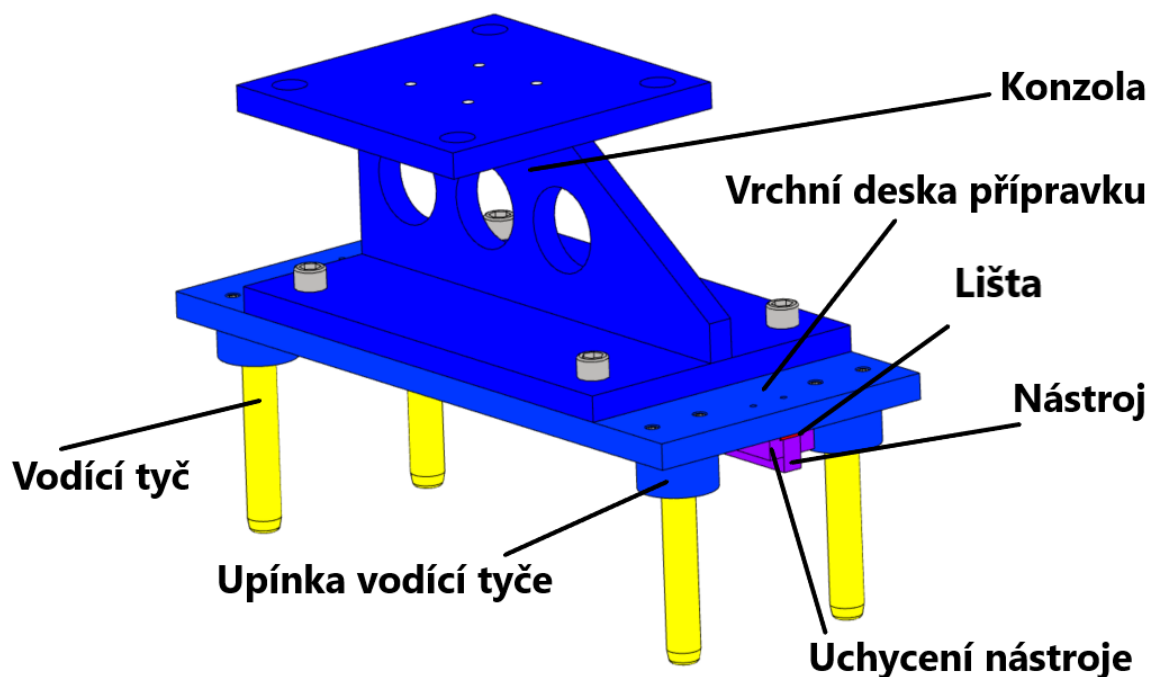
3.2 Popis samotného přípravku

Celý přípravek se skládá ze dvou částí. **Horní pohyblivé části přípravku** a **spodní části přípravku**. Většina přípravku je tvořena z oceli, ale podstatná část horní části přípravku je z hliníku. Hmotnost horní části přípravku je **26 kg** a spodní část váží **71 kg**. Hmotnost celého přípravku je tedy **97 kg (obr. 3.1)**. Hmotnost jsem se snažil snížit pomocí odlehčujících otvorů, použitím U profilů a volbou hliníku místo oceli u některých součástí, avšak i přesto je hmotnost relativně vysoká. Kvůli velké hmotnosti se přípravek montuje pomocí výškového nastavitelného vozíku, který se přistaví ke stroji v požadované výšce. Nástroj se tak jen vysune ze stroje.



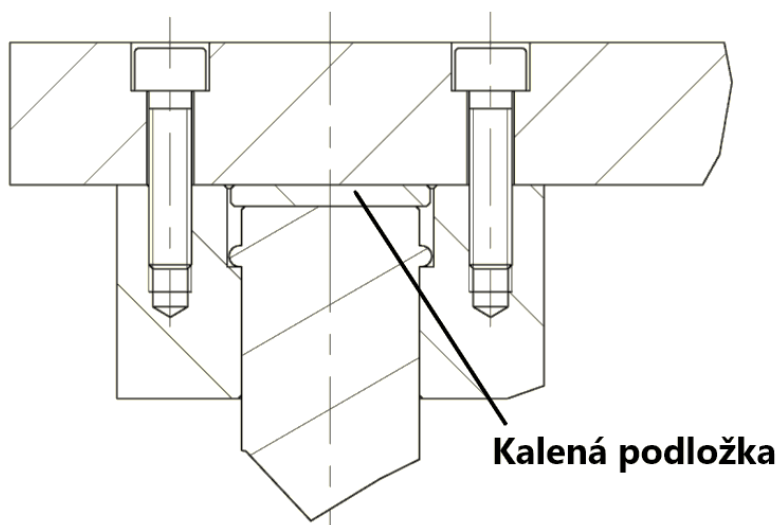
Obrázek 3.1 – Přípravek na vytloukání lakovacích háčků

3.2.1 Popis horní části přípravku



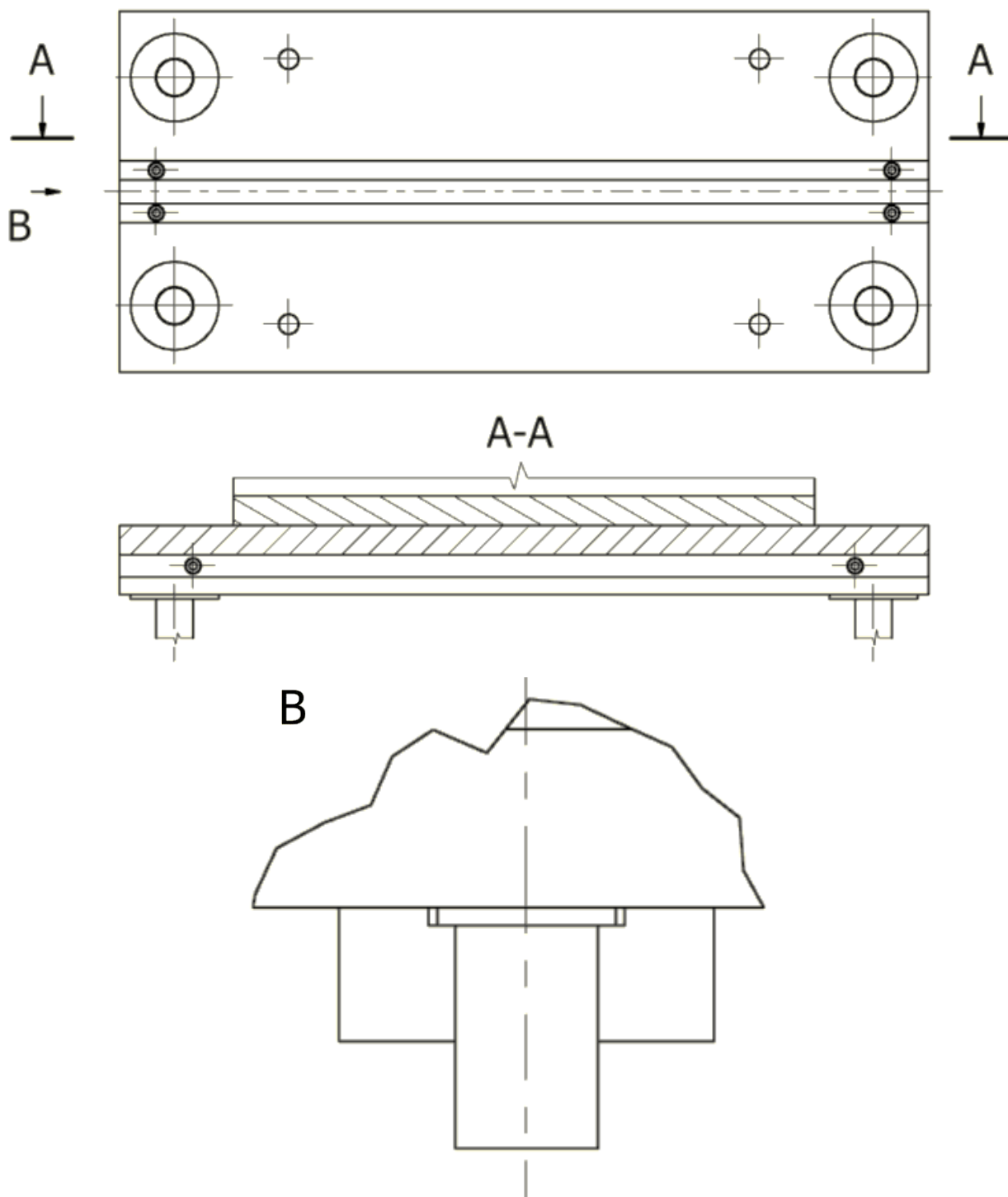
Obrázek 3.2 – Popis vrchní části přípravku

Vrchní část přípravku je tvořená svařovanou hliníkovou **konzolou (obr. 3.2)**. Použil jsem hliník, aby vrchní část, ale i přípravek celkově nebyl pro manipulaci moc těžký, dalším důvodem je zbytečná zátěž na pneumatický válec. Konzole slouží k upnutí vrchní části přípravku k pneumatickému, případně hydraulickému válci. Ke konzoli je pomocí šroubů upnuta **vrchní deska přípravku (obr. 3.2)** ta je ze stejných důvodů také z hliníku. Vrchní část přípravku dále tvoří **4 vodící tyče**. Ty jsou upnuty pomocí **upínek** a **kalené podložky (obr. 3.3)** k vrchní desce přípravku. Upínka zároveň slouží jako doraz přípravku. Kalená podložka je zde proti otlacení vrchní desky nástroje. Upínky jsou shora přitáhnuty pomocí šroubů.

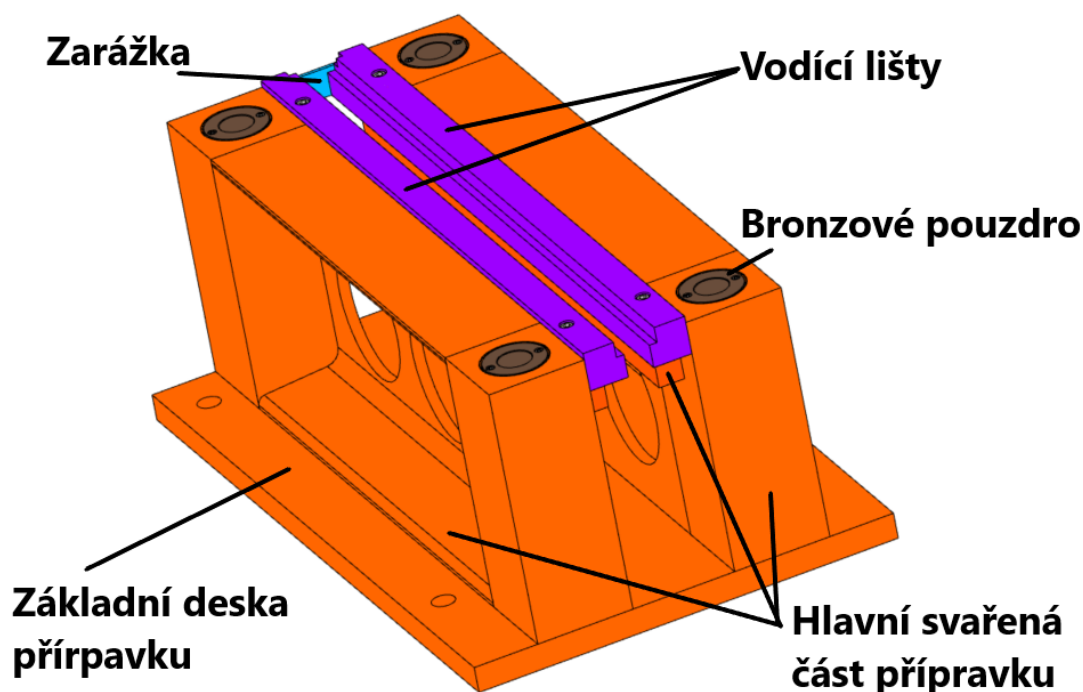


Obrázek 3.3 – Konstrukční řešení upnutí vodící tyče (detail upínky vodící tyče)

Dále je vrchní část přípravku tvořena **nástrojem**. Ten jen upnut pomocí **2 uchycení nástroje** (**obr. 3.4 uprostřed a dole**). Ty jsou upnuty k vrchní desce přípravku pomocí šroubů (**obr. 3.4 nahoře**). Mezi nástrojem a vrchní deskou přípravku je dále **lišta** z nástrojové oceli (**obr. 3.4 dole**). Ta je zde proti opotřebení vrchní desky přípravku.

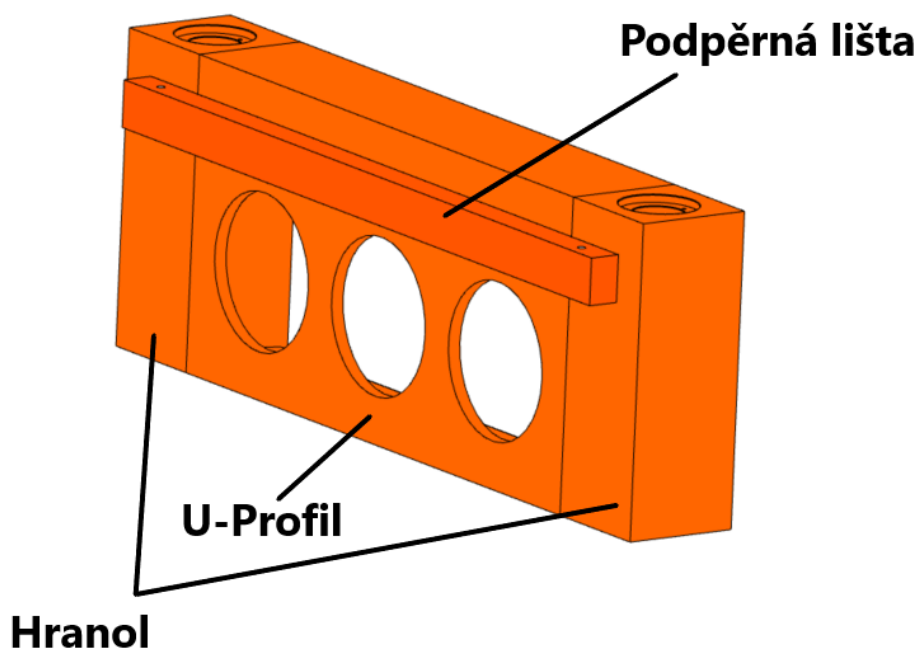


Obrázek 3.4 – Vrchní část přípravku zespoda a detail konstrukčního řešení upnutí nástroje

3.2.2 Popis spodní části přípravku

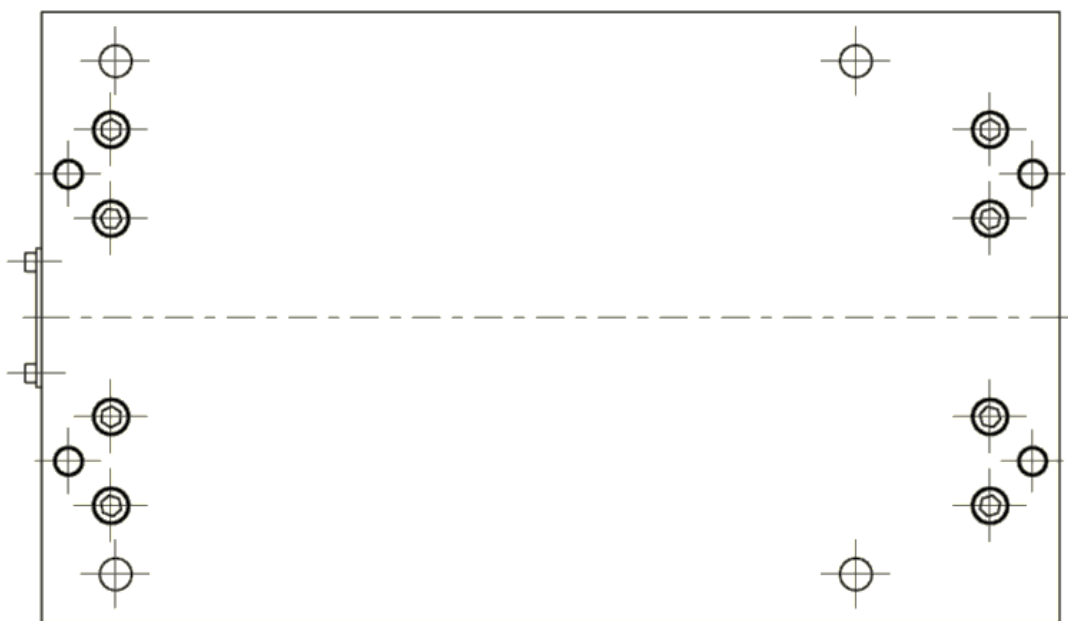
Obrázek 3.5 – Popis spodní části přípravku

Skládá se ze **základní desky přípravku (obr. 3.5)**, která je umístěna na spodu přípravku a slouží k jeho upnutí ke stroji. K základní desce jsou upnuty **2 svařené hlavní části přípravku (obr. 3.5)**. Obě se skládají ze **2 hranolů**, jednoho **U-profilu** a **podpěrné lišty (obr. 3.6)**. Hranoly jsou z boku U-profilu přivařeny. Celý svařenec je pomocí šroubů a kolíků připevněn k základní desce (**obr. 3.7**). Kolíky jsou zde k zajištění přesné polohy. Výška svařence je dána délkou lakovacích háčků.



Obrázek 3.6 – Hlavní svařená část přípravku

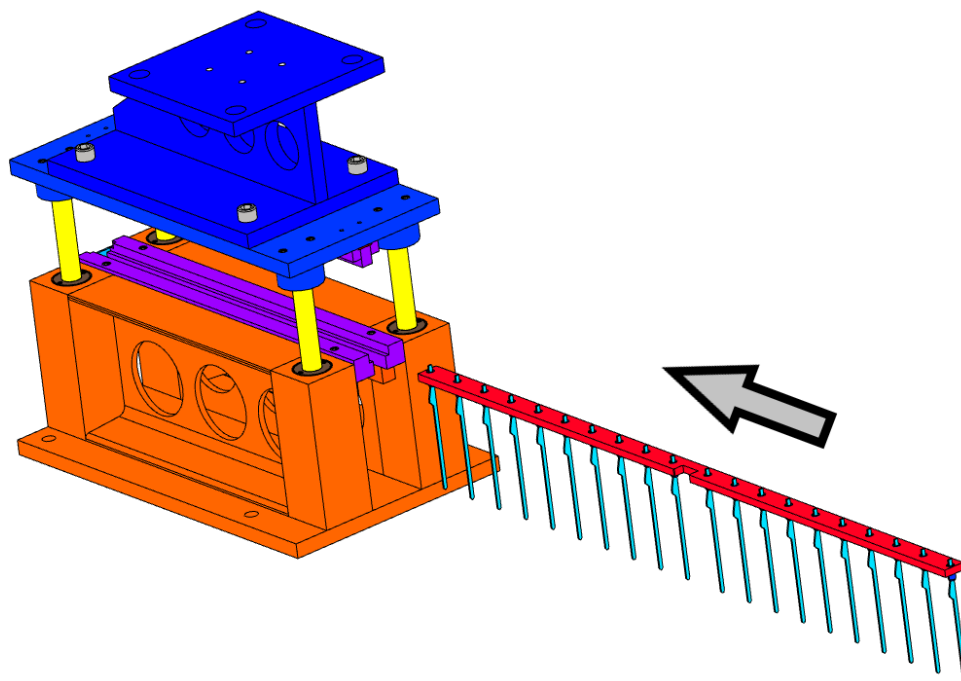
Další částí jsou **bronzová pouzdra** umístěná v hranolech (**obr. 3.5**). Slouží ke snížení tření s vodící tyčí. Ty jsou upnuty vždy pomocí 2 šroubů do hranolu. Následují **vodící lišty**, ty jsou šrouby upnuty do podpěrných lišt. Poslední částí je **zarážka** sloužící pro správné vložení lišty s háčky do přípravku (**obr. 3.5**). Ta je upnuta pomocí šroubů do vodících lišt.



Obrázek 3.7 – Spodní část přípravku zespoda

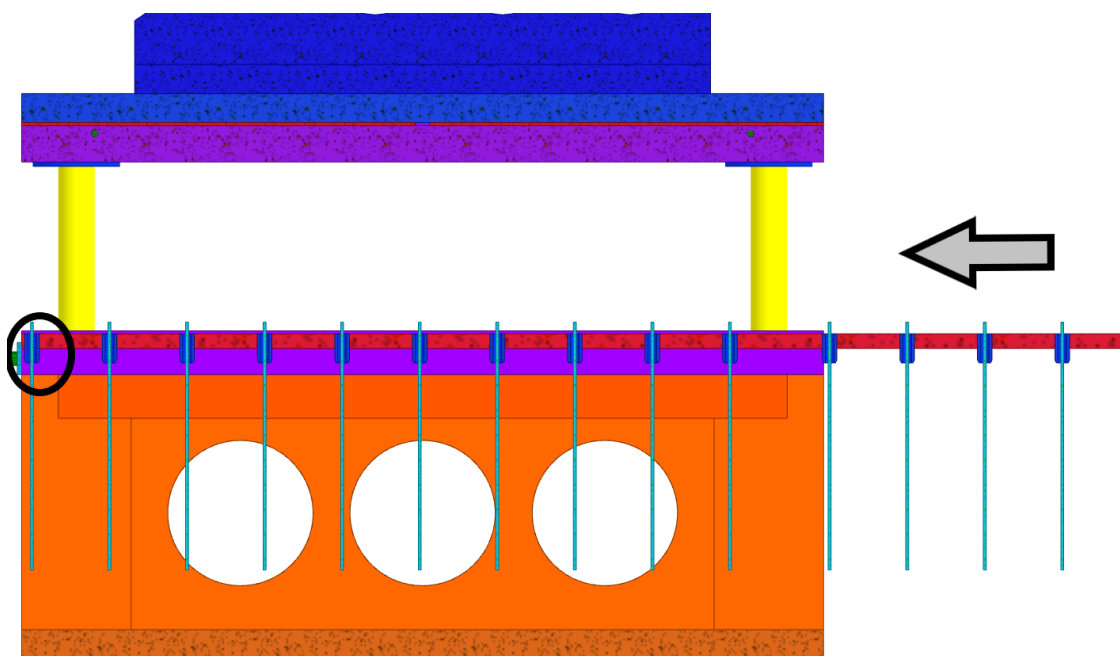
3.3 Popis funkce přípravku

Nejprve obsluha vezme lakovací lištu s háčky a vloží ji do přípravku do vodících lišt (**obr. 3.8**).



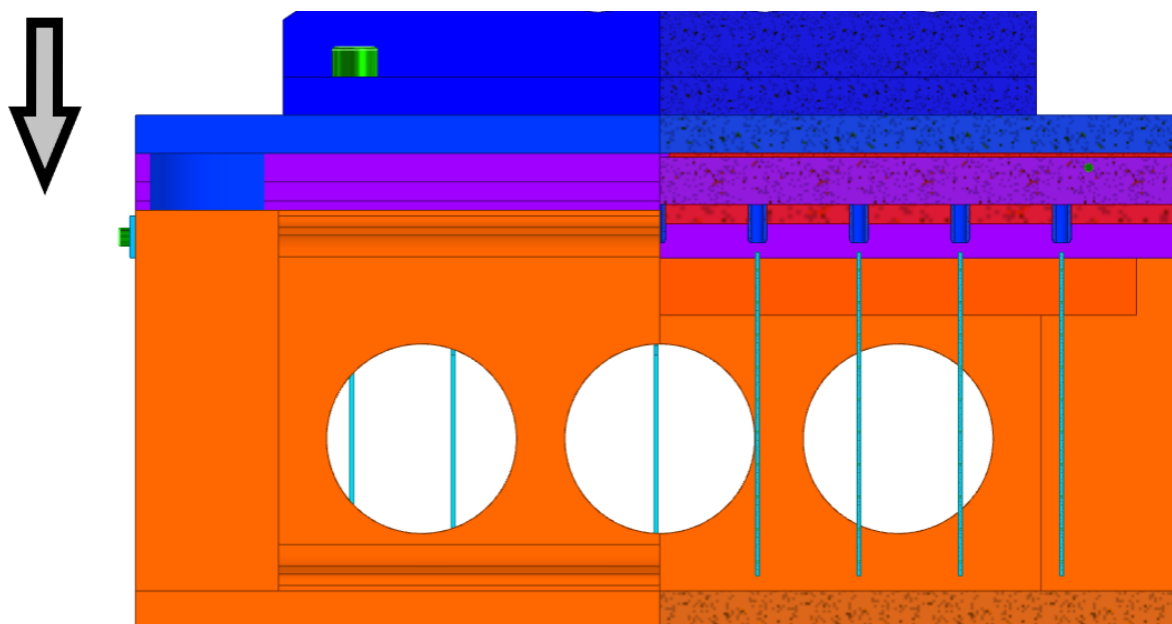
Obrázek 3.8 – Vložení lišty s háčky do přípravku

Lištu je třeba vložit do přípravku alespoň z poloviny. To je docíleno doražením lišty do zarážky (dorazu) (**obr. 3.9**).



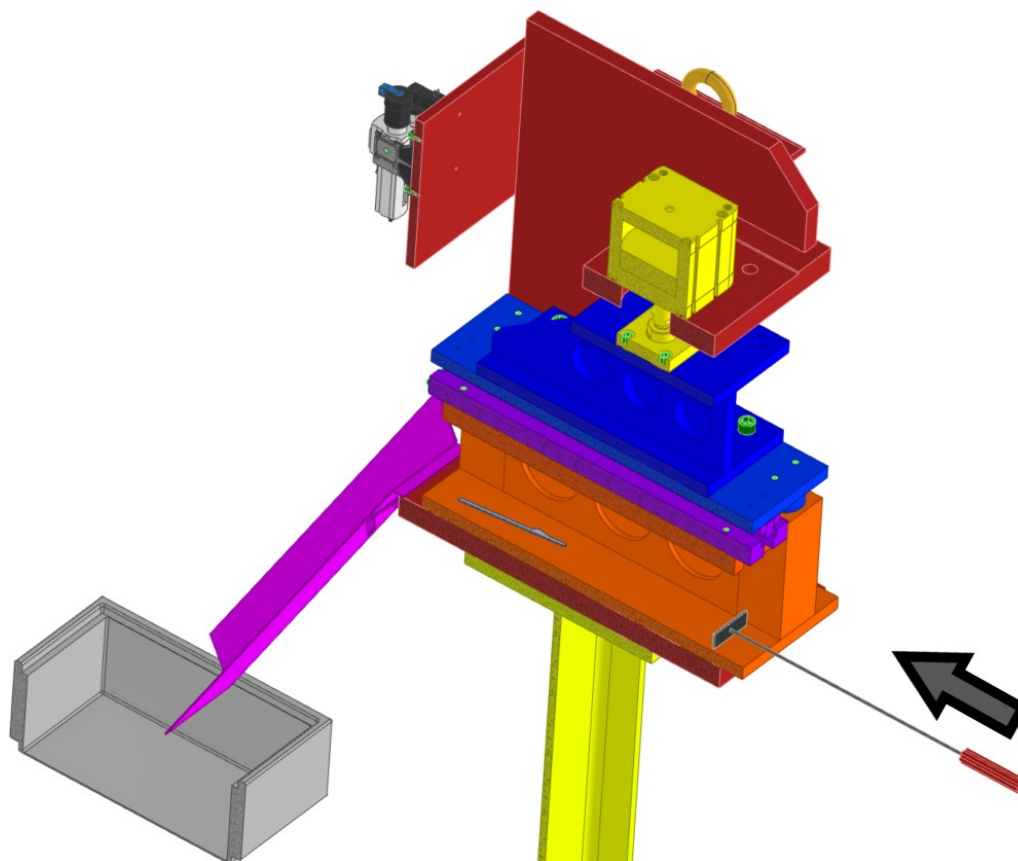
Obrázek 3.9 – Doražení lišty s háčky do zarážky

Následně lis s přípravkem sjede dolů a vytlačí háčky z pružných kolíků (**obr. 3.10**). Tím jsou háčky odděleny od lišty, ve které zůstanou pružné kolíky. Obsluha následně otočí lištu a vytlačí druhou polovinu háčků. Lišta je dále použita ve výrobě (**viz kap.1.2**).



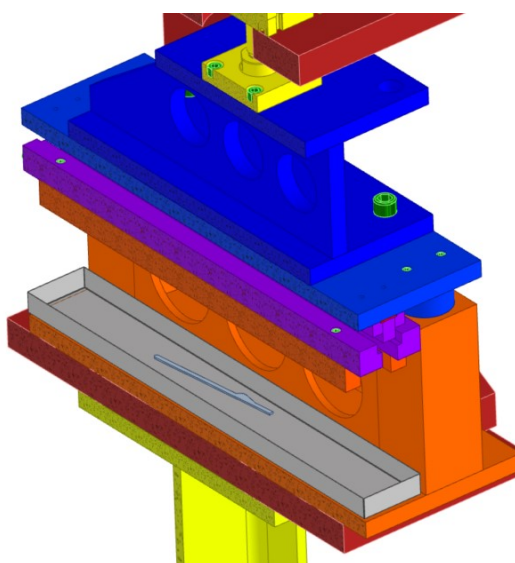
Obrázek 3.10 – Vytlačení háčků

V případě vlastního stroje jsou 2 možnosti. Buďto háčky spadnou do přípravku. Obsluha následně pomocí ručního nástroje shodí háčky do skluzu, po kterém sjedou do připravené krabice (**obr. 3.11**).



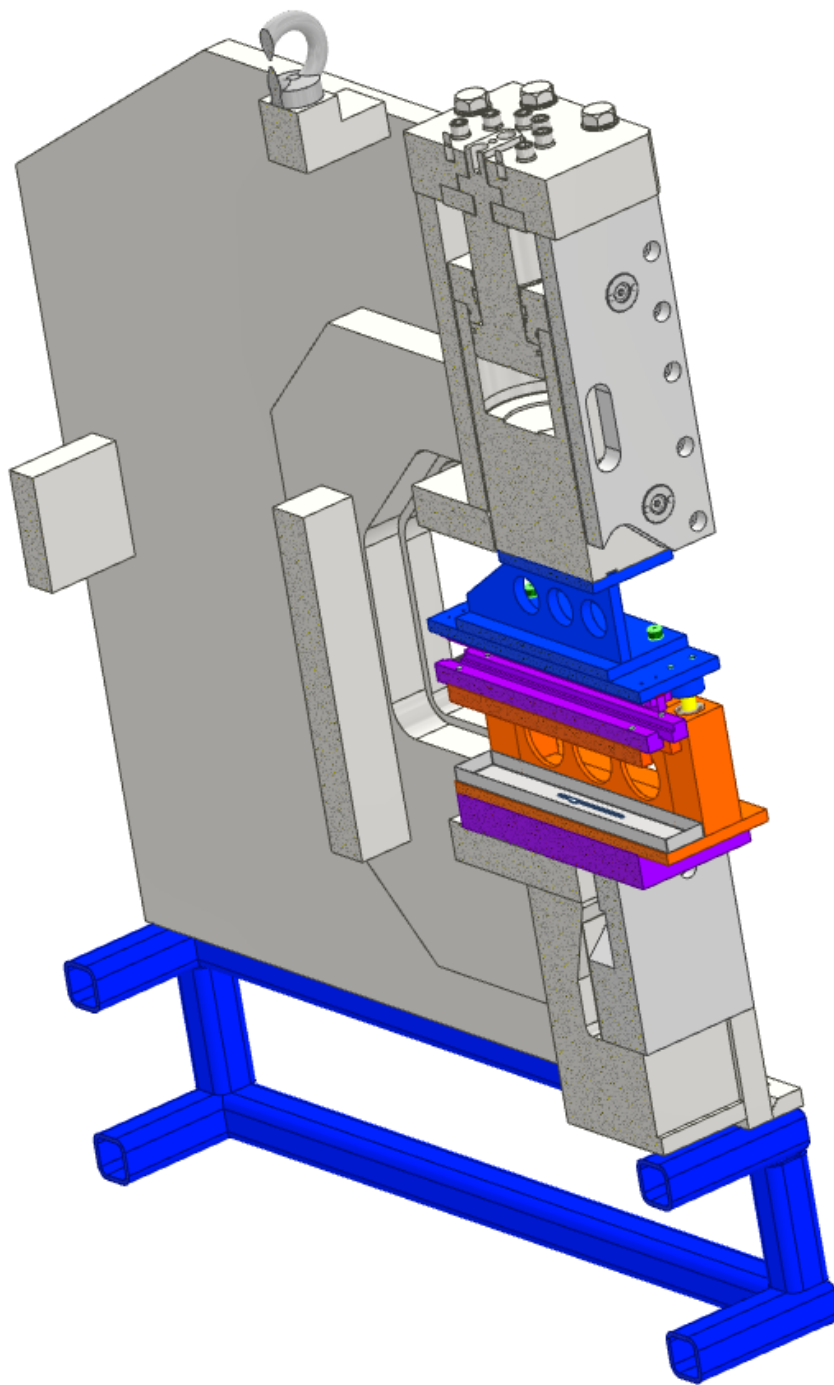
Obrázek 3.11 – Shovení háčků do skluzu pomocí ručního nástroje

Nebo se může použít krabice přímo v přípravku (**obr 3.12**). **Výhodou** této možnosti je, že háčky padají přímo do krabice, díky tomu není potřeba ani skluz a ruční nástroj. **Nevýhodou** je menší kapacita krabice a z toho plynoucí nutnost případná nutnost přesypávat háčky z krabice do krabice.



Obrázek 3.12 – Vyhozené háčky v menší krabici přímo v přípravku

V případě lisu **RP6 (VP 1000)** je jediná možnost háčky shazovat přímo do krabice. (**obr. 3.13**).

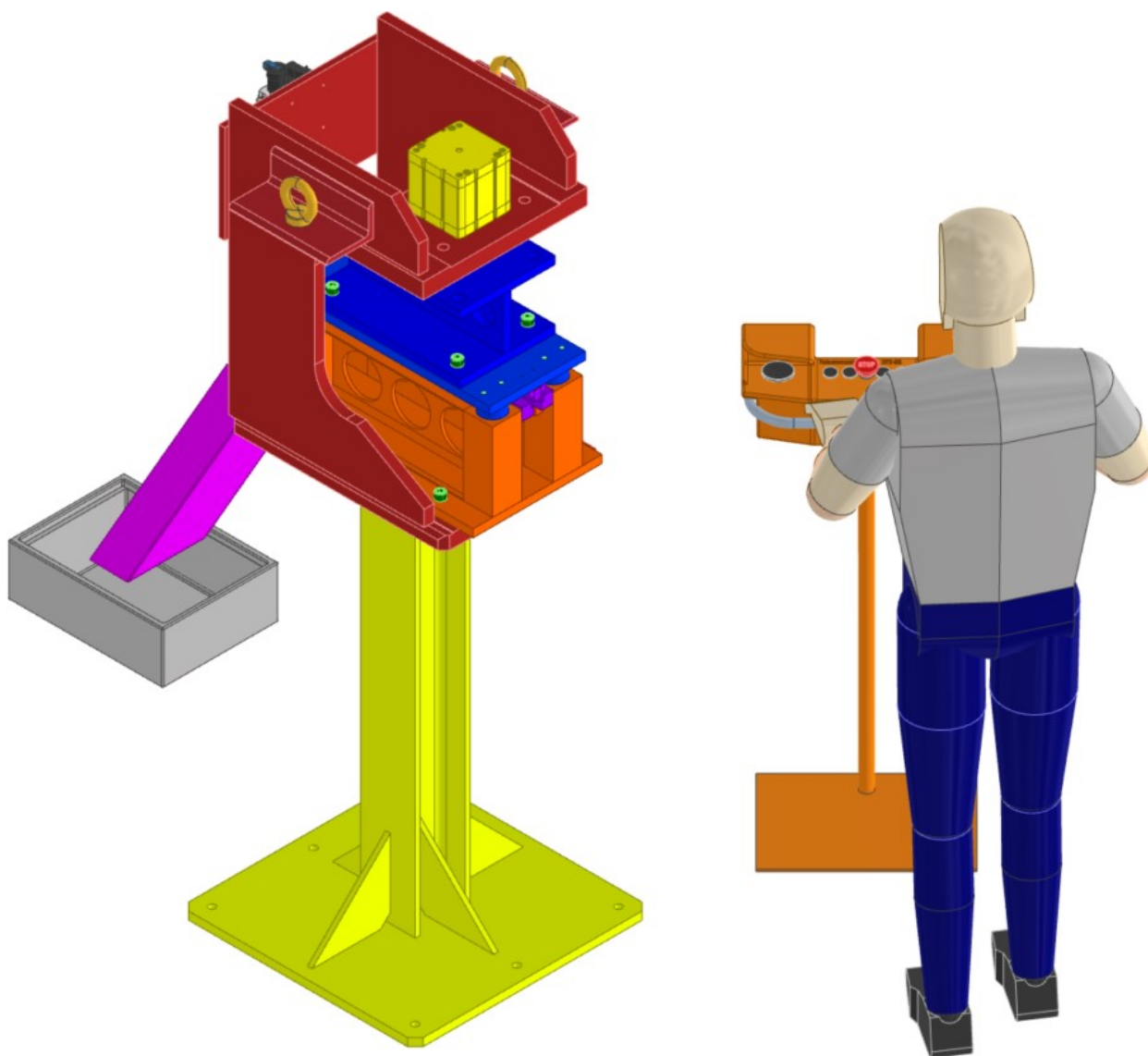


Obrázek 3.13 – Vyhadzování háčků do krabice na lisu RP6 (VP 1000)

4 Vlastní lis

Je určen primárně pro funkci s přípravkem na vytloukání háčků, ale je možné ho využít i s jakýmkoliv jiným přípravkem. V případě potřeby je možné vyměnit pneumatický válec Festo, za hydraulický válec Parker a razantně tak zvýšit sílu lisu. Konstrukce je k tomu přizpůsobená, ale stroj by se musel dovybavit hydraulickým agregátem, který v práci neuvažuji. **(obr. 4.1)**

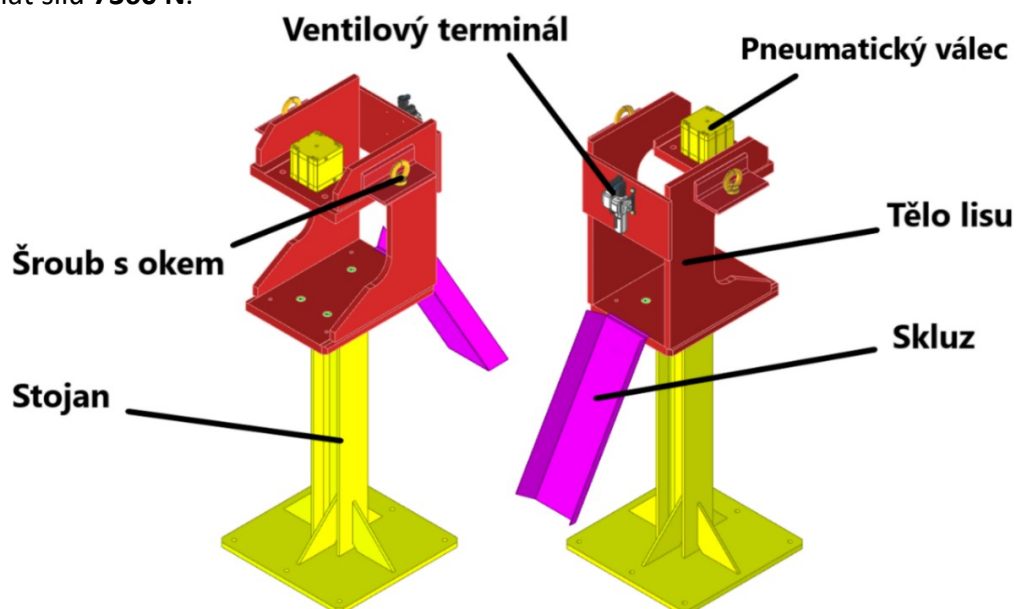
Šrouby s oky umožňují manipulaci s lisem i s upnutým přípravkem ve stroji. Těžiště stroje obzvláště s přípravkem je relativně vysoko, v úrovni základní desky. Proto je stroj z důvodů bezpečnosti nutno ukotvit k zemi.



Obrázek 4.1 – Model vlastního lisu s přípravkem na vytloukání lakovacích háčků a příslušenstvím

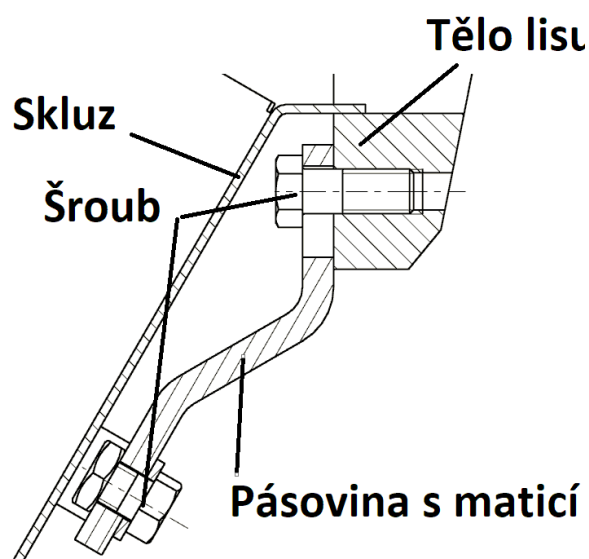
4.1 Konstrukce vlastního stroje

Konstrukce stroje se skládá ze 2 hlavních částí, **těla lisu** a **stojanu** (obr. 4.2). Obě tyto části jsou svařované konstrukce z oceli **11 523**. Spolu jsou spojeny pomocí šroubů. K tělu jsou přišroubovány **šrouby s oky** (obr. 4.2). Ty slouží pro transport či seskládání stroje. Dále je zezadu stroje pomocí šroubového stroje přidělán **ventilový terminál** (obr. 4.2). **Pneumatický válec Festo** je pomocí šroubu s podložkou připevněn k tělu lisu. Tento válec o průměru **125 mm** dokáže při hydraulickém tlaku **6 bar** vyvolat sílu **7360 N**.



Obrázek 4.2 – Popis vlastního stroje

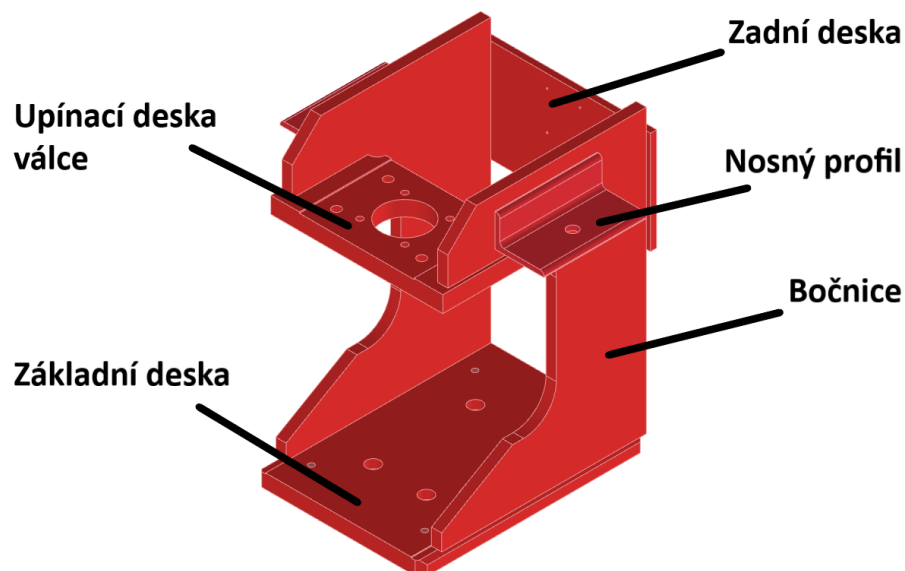
Zezadu stroje je pomocí dvou pásovin a šroubů přidělán **skluz** na lakovací háčky (obr. 4.2 a 4.3). Pomocí skluzu mohou háčky být shozeny do připravené bedny. Pokud je lis používán při aplikaci, kde není skluz potřeba, je možné skluz odpojit. K pásovině je přivařena matice umožňující upnutí šroubu na straně skluzu.



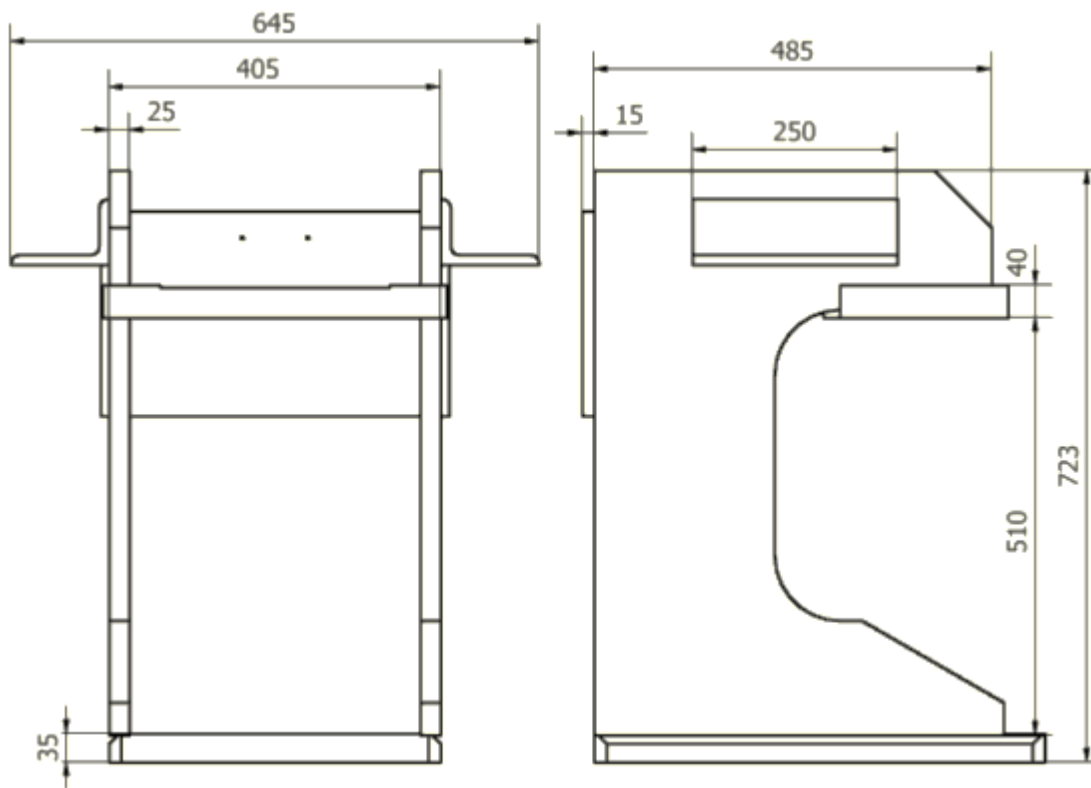
Obrázek 4.3 – Detail upnutí skluzu

4.1.1 Konstrukčního řešení těla lisu

Celé tělo lisu je **svařenec**. Skládá se z **5 různých součástí**. **Základní deska** slouží pro připevnění těla stroje ke stojanu a upnutí přípravku. Dále je tvořeno **bočnicemi** a **zadní deskou**. Zádňá deska zpevňuje stroj a zároveň nese vzduchový terminál. Ve vrchní části se dále nachází 2 nosné profily pro šrouby s oky. Poslední součástí je **upínací deska válce**. Ta umožňuje upnutí jak pneumatického, tak hydraulického válce. Hmotnost celého těla je **192 kg**. (obr. 4.4 a 4.5)



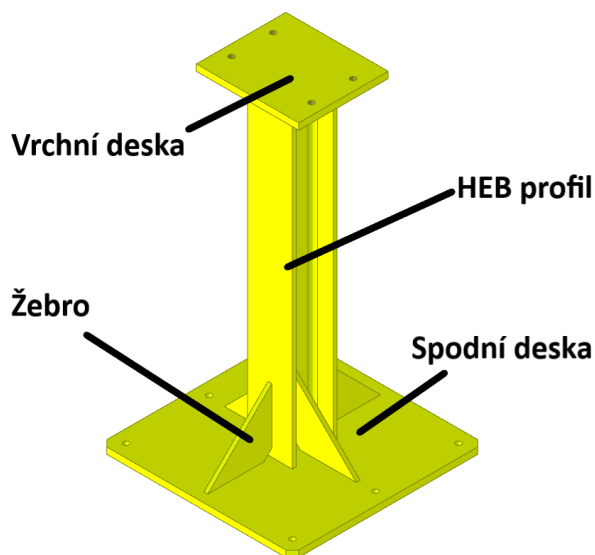
Obrázek 4.4 – Popis těla lisu



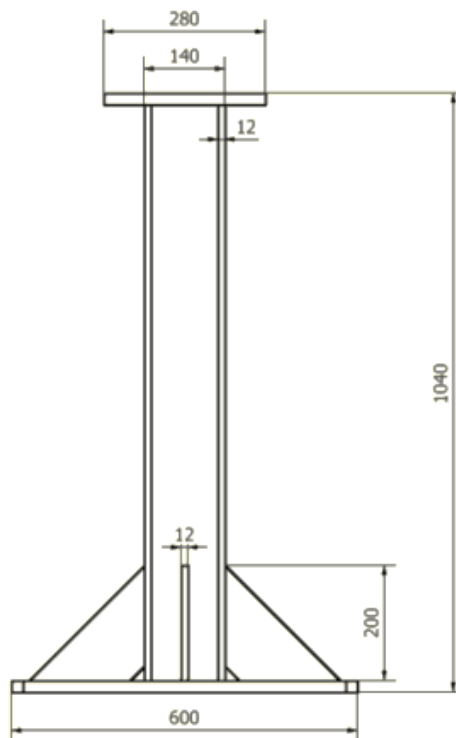
Obrázek 4.5 – Rozměry těla lisu

4.1.2 Konstrukční řešení stojanu

Celý stojan je **svařenec** složený ze **4 různých částí**. Skládá se ze **spodní desky**, která slouží pro upnutí stroje k zemi a udržení stability. Ke spodní desce je přivařený **H-profil**. Ten je hlavní částí stojanu. Dále jsou k tomuto profilu přivařeny **4 žebra** pro zpevnění celé konstrukce. Poslední částí je **vrchní deska**, ta umožňuje upnutí těla lisu ke stojanu. Hmotnost stojanu je **116 kg**. Výška stojanu je **1040 mm**. (obr. 4.6 a 4.7)



Obrázek 4.6 – Popis stojanu lisu

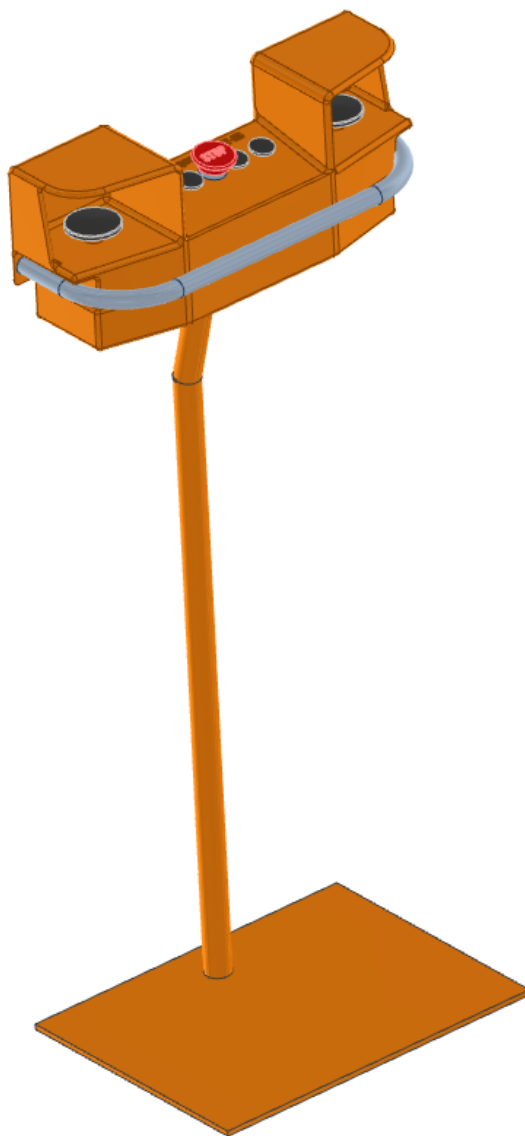


Obrázek 4.7 – Rozměry stojanu lisu

4.2 Příslušenství

4.2.1 Dvojruční ovládání

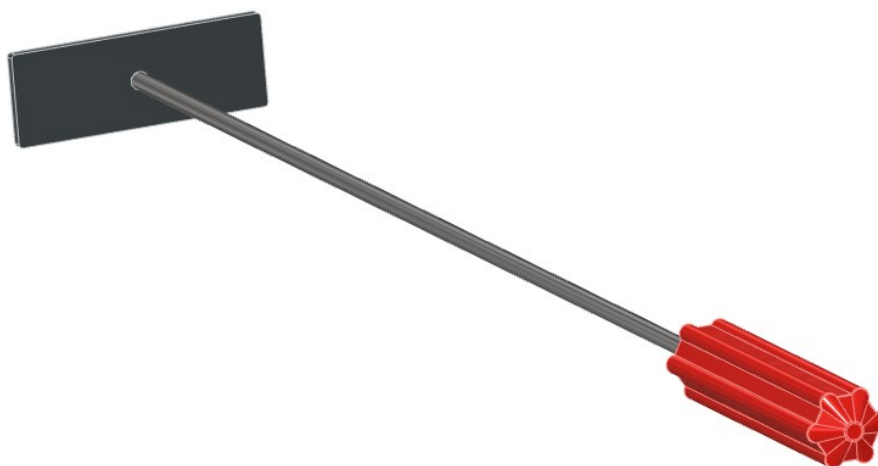
Důležitým aspektem při konstrukci nového stroje je vždy bezpečnost práce. Proto pro ovládání tohoto stroje počítám s **dvojručním ovládáním Schneider XY2**. To samočinně monitoruje a případně zastaví stroj, pokud obsluha sundá ruku z ovládání. Tímto poskytuje ochranu obsluhy proti zásahu do nebezpečného prostoru. (**obr. 4.8**)



Obrázek 4.8 – Dvojruční ovládání Schneider XY2

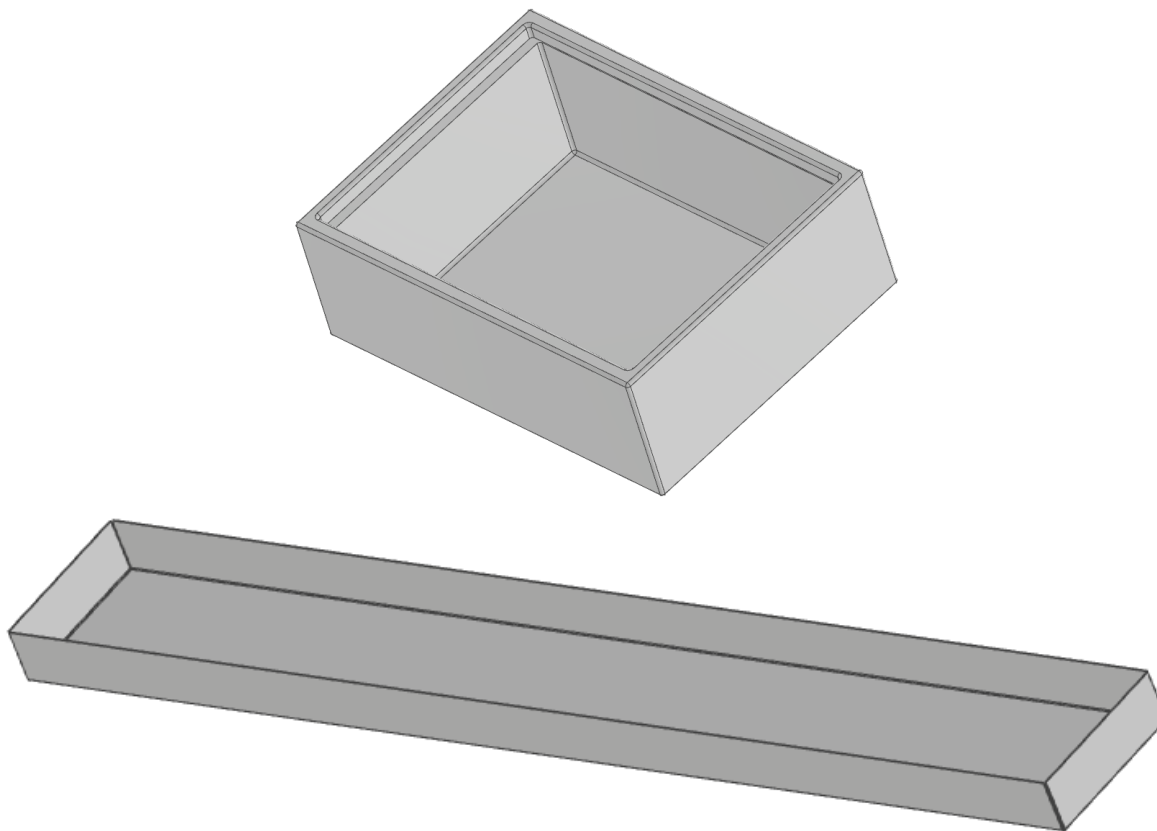
4.2.2 Příslušenství pro přípravku na vytloukání lakovacích háčků

Mezi toto příslušenství patří ruční nástroj na shazování háčků do skluzu, respektive do bedny. Tento nástroj je v podstatě takové malé hráblo. Skládá se z tyče a malé plotýnky, která se vleze do přípravku a ručky. (**obr. 4.9**)



Obrázek 4.9 – Ruční nástroj na shazování háčků

Dalším příslušenstvím jsou různé krabičky na háčky. Která krabička bude použita záleží na rozhodnutí firmy, jestli využijí krabičku přímo v přípravku nebo krabičku pod skluzem. (**obr. 4.10**)



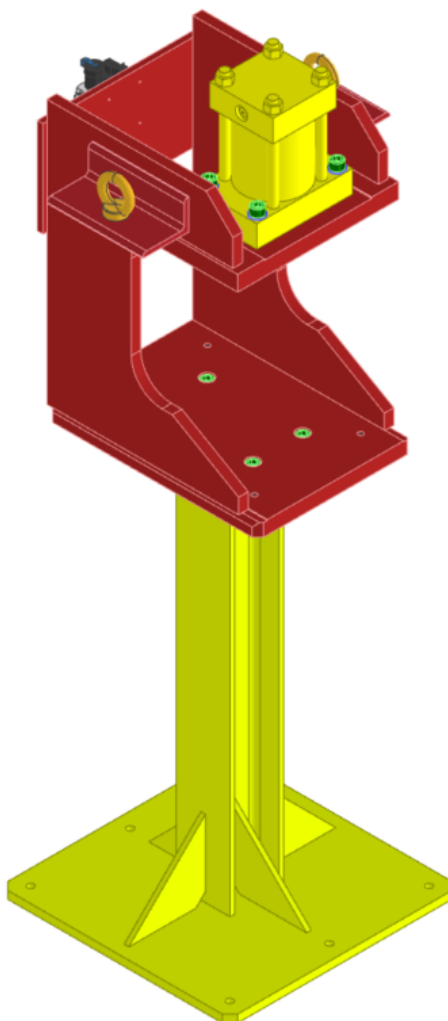
Obrázek 4.10 – Krabičky na lakovací háčky

4.3 Kontrola těla lisu

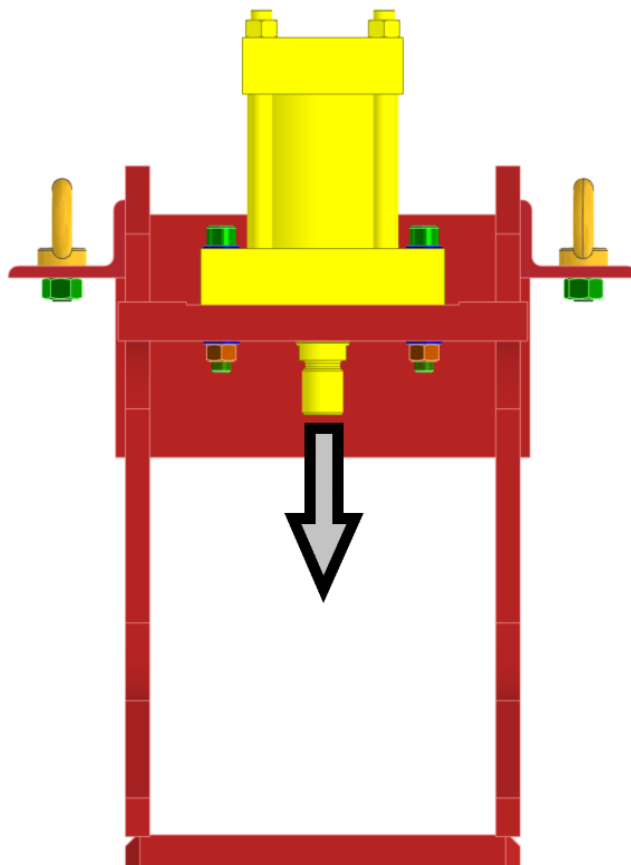
Provádím kontrolu a optimalizaci rozměrů stroje pomocí metody konečných prvků (**anglicky FEM, Finite Element Method**), dále jen „**MKP**“. MKP je numerická metoda založená na diskretizaci kontrolovaných prvků. Tedy převedení spojitých reálných prvků na jednotlivé konkrétní elementy. MKP provádím v programu Autodesk Inventor. Výsledkem MKP je pouze přibližné řešení. Přesnost přibližného řešení MKP závisí na několika faktorech. Mezi ty patří druh a velikost jednotlivých prvků a způsob zadání okrajových podmínek, tedy míra jejich odchylky od reality.

Při zvyšování hustoty mřížky se výsledky MKP liší. Proto se využívá konvergence. Konvergence je iterační výpočtová technika, která spočívá v opakovaném provádění simulace. Při každém opakování je mřížka zhuštěna. Výsledky dvou po sobě jdoucích simulací jsou porovnány, a tak je zjištěna míra konvergence. Pokud se míra konvergence zmenšuje potom se hodnota napětí asymptoticky přibližuje konkrétnímu číslu. Všechny simulace nekonegují do určité hodnoty, některé se mohou blížit nekonečnu.

MKP analýzu provádím v programu Autodesk Inventor Professional 2021. Výsledkem MKP je grafické zobrazení průběhu napětí a posunutí.



Obrázek 4.11 – Lis s hydraulickým válcem Parker použitý pro MKP analýzu

Okrajové podmínky

Obrázek 4.12 – Detail funkce lisu s hydraulickým válcem

Kontrolu provádím při největším možném namáhání stroje, na které je navržen, to je při použití hydraulického válce Parker s průměrem pístu **125 mm (obr. 4.11)**. Při hydraulickém tlaku **160 bar**. Z těchto hodnot můžeme vypočítat sílu válce. Válec tlačí ve směru šipky (**obr. 4.12**) a opírá se o přípravek. Síla je následně přenášena přes šroub a matici do podložky, která tlačí do upínací desky. Protože upínací deska válce je ve skutečnosti vyztužena samotným hydraulickým válcem, tak do modelu těla lisu pro výpočet přidávám segment válce (**obr. 4.13**). Materiál celé konstrukce je ocel **11 523**. Mez kluzu této oceli je **333 MPa**. MKP analýza je schopna předpovídat deformace a napětí pouze do meze úměrnosti, ta je velmi blízko mezi kluzu, proto počítám s mezí kluzu jako maximálním dovoleným napětím [6].

Plocha průřezu válce:

$$S = \frac{\pi \cdot D_v^2}{4} = \frac{\pi \cdot 125^2}{4} \approx 12272 \text{ mm}^2 \quad (4.1)$$

Síla válce:

$$F = p_v \cdot S = 16 \cdot 12272 \approx 196,4 \text{ kN} \quad (4.2)$$

Čtvrtina síly válce:

$$\frac{F}{4} = 49,1 \text{ kN}$$

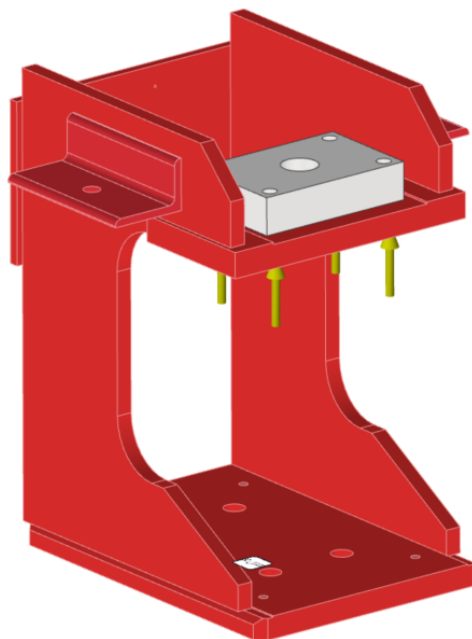
Kde:

F – Síla válce [N]

p_v – Tlak ve válci [MPa]

S – Obsah plochy průřezu válce [mm²]

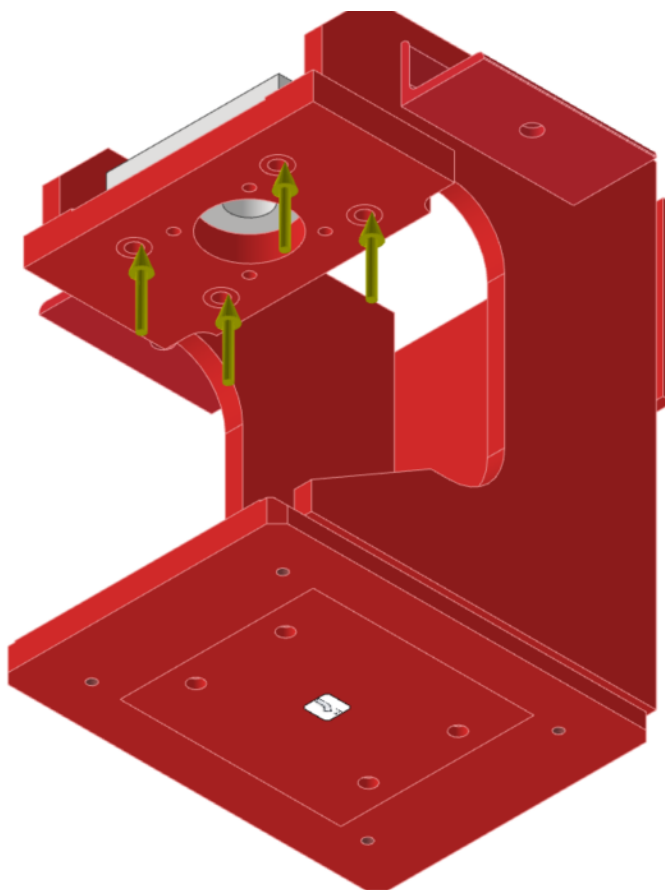
D_v – Průměr válce [mm]



Obrázek 4.13 – Tělo lisu se segmentem válce

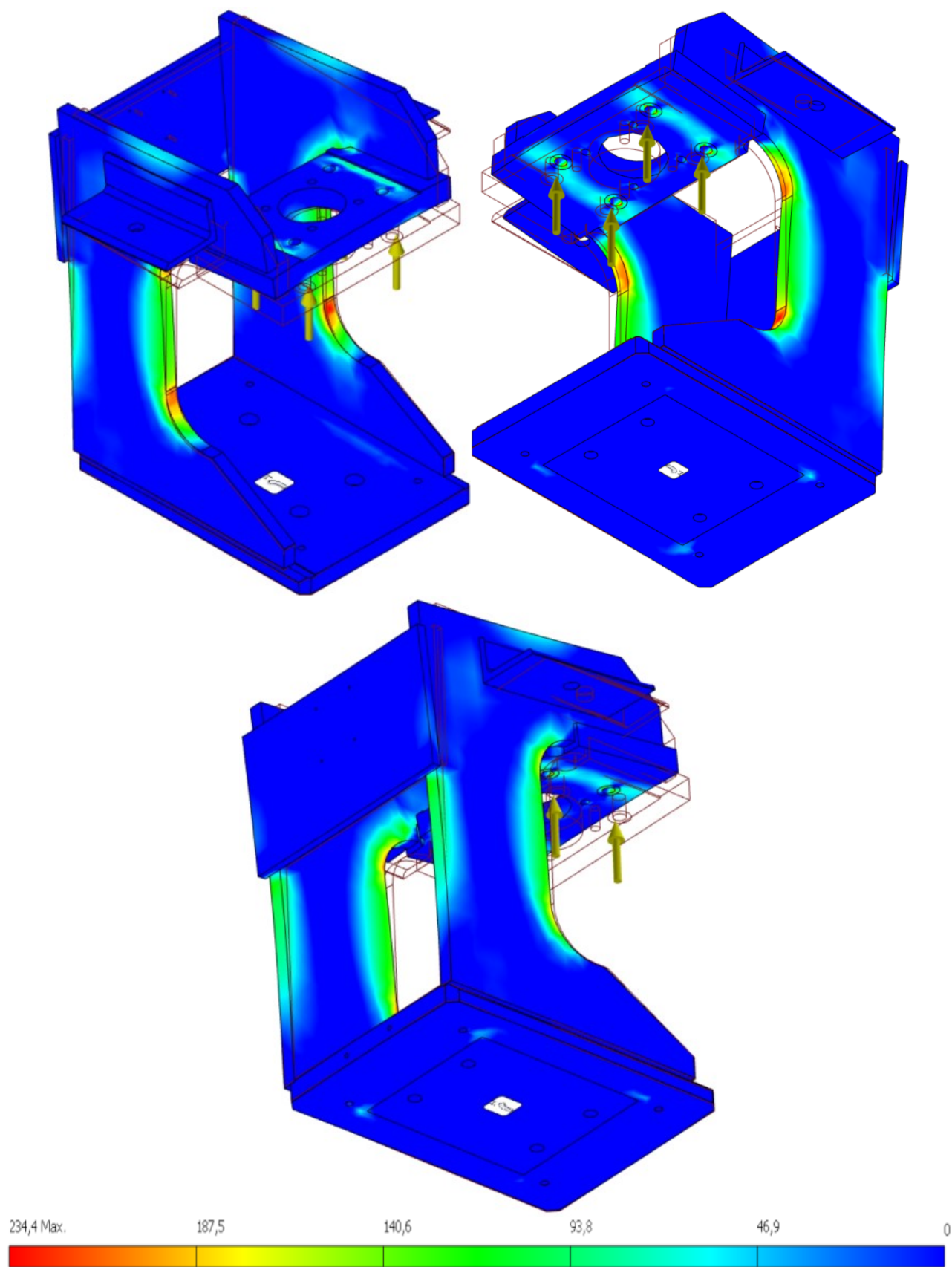
Jak jde z výpočtu vidět, síla zatížení od hydraulického válce je **196 400 N**. Tato síla je přenášena 4 podložkami do uchycení hydraulického válce, kde působí čtvrtina síly. Sílu jsem tedy podělil 4 a zavedl do jednotlivých ploch, kde podložky tlačí silou **49 100 N** do součásti (**obr. 4.14**). Reakční síla od teoretického přípravku je velmi blízko pevné vazbě a nemá v tomto případě žádný vliv na hlavní namáhané části konstrukce, proto ji zanedbávám.

Dále jsem promítnul vrchní desku stojanu na základní desku stroje. Do promítnuté plochy jsem zavedl pevnou vazbu (**obr. 4.14**). Tím jsem sice vyztužil spodní desku, avšak v provozu by tato deska byla také vyztužena stojanem a deformace by zde ve skutečnosti byla zanedbatelná. Hmotnost je oproti síle velmi malá, a proto ji zanedbávám. Protože je celé tělo lisu svařované, tak všechny použité **dotyky jsou vázané**, včetně dotyku mezi segmentem válce a upínací deskou. Toto se sice liší od skutečnosti, ale protože je válec upnut pomocí šroubového spoje s předpětím, tak je prokluz mezi segmentem a upínací deskou vyloučen.



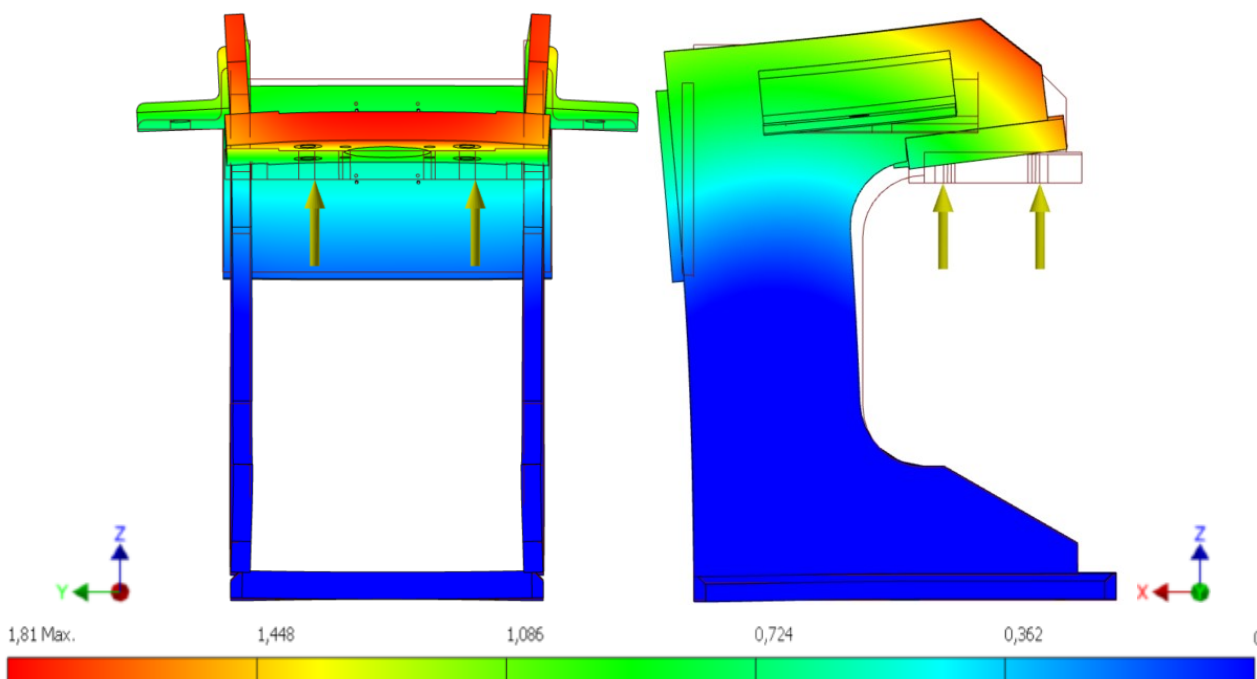
Obrázek 4.14 – Detail okrajových podmínek

Síla pístu deformuje celou vrchní část těla lisu. Největší napětí vzniká v bočnicích v zaobleních v dolní části těla lisu, které jsou namáhané na ohyb. Napětí se zde pohybuje od **140 MPa** do **234,4 MPa**, což je největší vzniklé napětí v celém těle lisu. To nepřesahuje mez kluzu materiálu. Pohybujeme se tedy v oblasti lineární pružné deformace materiálu, kterou je software schopný spočítat. Další kritickou částí konstrukce jsou zaoblení ve vrchní části bočnic. Zde se největší napětí pohybuje okolo **200 MPa** a koncentruje se ve vnitřní hraně bočnic. V celém "U" výrezu (střed bočnic) se napětí pohybuje okolo **150 MPa**. Další koncentrace napětí vzniká na zadní straně bočnic pod zadní deskou. Zde napětí dosahuje až **140 MPa**. V některých předchozích iteracích konstrukce těla lisu bylo právě toto místo nejvíce namáhané. To stejné platí o dalším namáhaném místě, a to vrchní části bočnic. Zde se maximální napětí pohybuje okolo **90 MPa**. V předchozích iteracích se zde koncentrovalo napětí před vrchní deskou, která není v poslední konstrukční verzi stroje. Další napětí vzniká v místech, kde tlačí jednotlivé podložky. Vzniká zde napětí okolo **130 MPa**, ale napětí na hraně díry je až **220 MPa**. Avšak toto napětí není relevantní, vzhledem k tomu, že napětí od podložek by se zde mělo rozkládat rovnoměrně. Poslední koncentrace napětí vzniká podél hran segmentu válce, vzniklé napětí je zde okolo **100 MPa**. Toto napětí může být zvětšeno faktem, že je dotyk mezi segment a deskou řešen jako vázaný, každopádně vzniklé napětí je zde relativně nízké. (**obr. 4.15**)



Obrázek 4.15 – Průběh napětí [MPa]

Na dalším obrázku můžeme vidět posunutí. Zde lze vidět kterými směry má stroj tendenci se deformovat. Stroj se bude nejvíce deformovat ve směru osy "Z". Tato deformace vzniká ohnutím celé vrchní části. Další výrazná deformace je ve směru osy "X", konstrukce se má tendenci naklánět dozadu. V místech, kde se obě tyto deformace kombinují je tak největší posunutí. Největší posunutí je tedy uprostřed upínací desky **1,81 mm**. Dále má vrchní část bočnic tendenci se od sebe vzdalovat, tato deformace je velmi malá, v desetinách milimetru. Toto je nejspíš způsobeno prohnutím upínací desky hydraulického válce. **(obr. 4.16)**



Obrázek 4.16 – Průběh posunutí [mm]

Z posunutí v ose "X" je možné zjistit maximální úhel vyosení válce. **(obr. 4.17)**

Rozdíl posunutí v ose "x" na upínací desce:

$$Z = z_{max} - z_{min} = 1,639 - 0,725 = \mathbf{0,914\ mm} \quad (4.3)$$

Úhel maximálního vyosení válce:

$$\sin \alpha = \frac{Z}{X} \quad (4.4)$$

$$\Rightarrow \alpha = \arcsin \frac{Z}{X} = \arcsin \frac{0,914}{250} \approx \mathbf{0,233^\circ = 0^\circ 13' 58,8''}$$

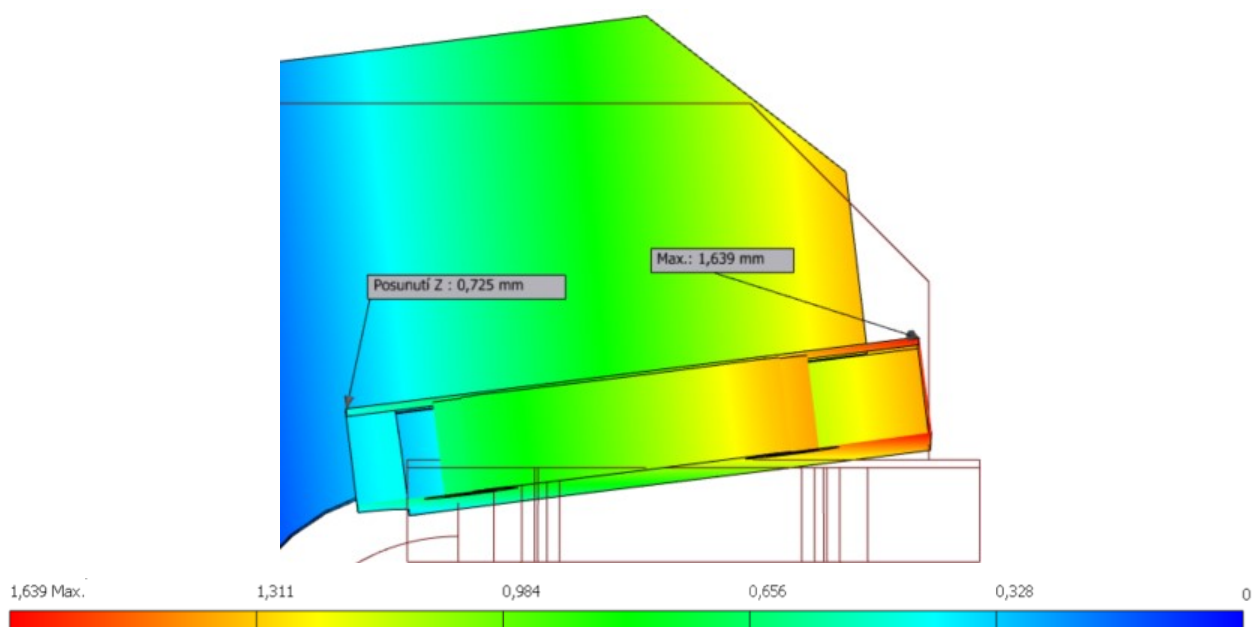
Z – Rozdíl maximálního posunutí v ose "Z" na upínací desce [mm]

z_{max} – Maximální posunutí v ose "Z" na upínací desce [mm]

z_{min} – Minimální posunutí v ose "Z" na upínací desce [mm]

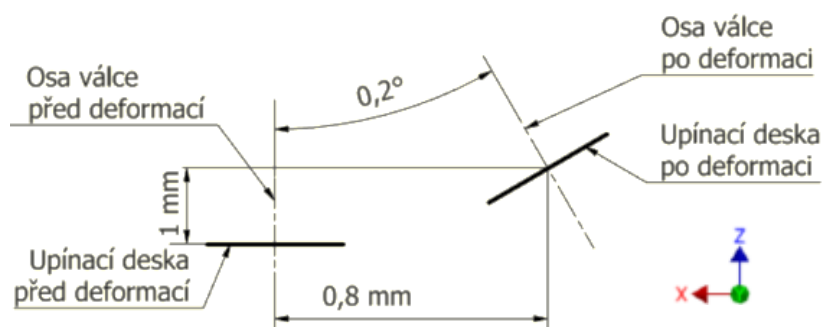
X – Šířka upínací desky, Vzdálenost mezi minimálním a maximálním posunutí v ose "X" na upínací desce [mm]

α – Maximální úhel vyosení válce [°]

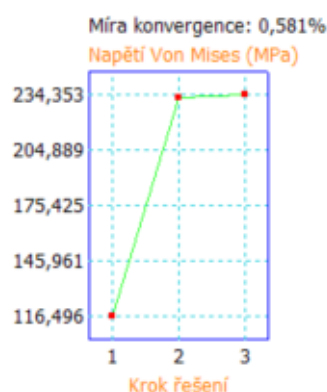


Obrázek 4.17 – Průběh posunutí v ose "X" [mm]

Míra konvergence tohoto výsledku je **0,581 % (obr. 4.19)**. Výsledek je tedy možno brát jako relativně přesný. Touto simulací jsem byl schopen optimalizovat rozměry těla lisu, které teď váží necelých **192 kg**. Původní hmotnost před optimalizací byla přes **200 kg**. A to přesto, že původně upínací deska nebyla součástí těla lisu. Dále jsem zjistil, že osa hydraulického válce se v ose "Z" zvedne asi o **1 mm** a také se o **0,2°** otočí v rovině [ZX]. Dále se válec posune asi o **0,8 mm** v ose "X". Tyto deformace považuji za přijatelné. (obr. 4.18)



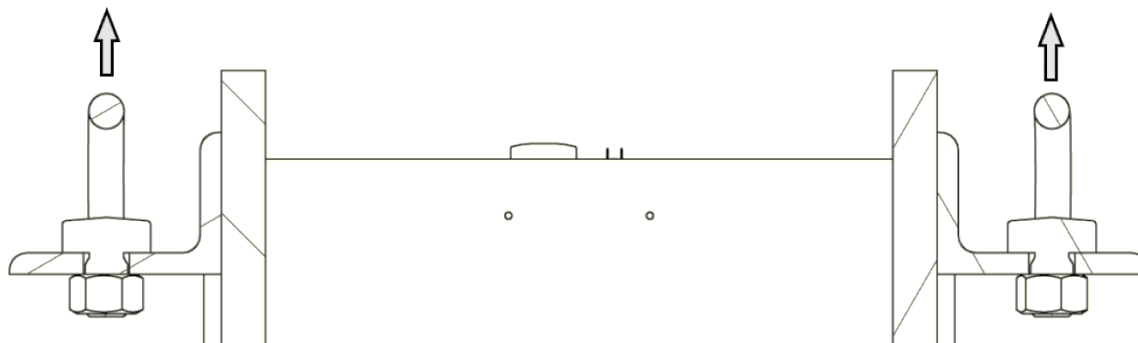
Obrázek 4.18 – Znázornění posunutí válce



Obrázek 4.19 – Konvergence

4.4 Kontrola závitů matice na otlačení

Šroub s okem **DIN 580 M24** je normalizovaná součást, dle normy při použití dvou ok je maximální povolené zatížení na jedno oko **9000 N**. Hmotnost stroje s přípravkem působí silou **2124 N** na každé oko. Oko tedy vyhovuje [7].



Obrázek 4.20 – Schéma zatížení šroubů s oky

Kontroluji tedy otlačení závitů matice. Z bezpečnostních důvodů počítám s tím, že každé oko, tedy závit matice, musí unést hmotnost celého zatížení. Ve skutečnosti jsou zatěžovány jen první 3 závity matice. Hmotnost stroje i s přípravkem je **433 kg**. Dovolené napětí na otlačení závitů matice uvažuji **40 MPa** [6]. (**obr. 4.20**)

Závit M24:

$$P=3 \text{ mm}$$

$$d=24 \text{ mm}$$

$$d_1=20,752 \text{ mm}$$

$$d_2=22,051 \text{ mm}$$

$$z=3$$

$$p_D=40 \text{ MPa}$$

$$m=433 \text{ kg}$$

Síla od hmotnosti zatížení:

$$G = m \cdot g = 433 \cdot 9,81 \approx \mathbf{4248 \text{ N}} \quad (4.5)$$

Otlačovaná plocha rozvinutých závitů:

$$S_p = \pi \cdot d_2 \cdot \frac{d-d_1}{2} \cdot z = \pi \cdot 22,051 \cdot \frac{24-20,752}{2} \cdot 3 = \mathbf{337,5 \text{ mm}^2} \quad (4.6)$$

Tlak na první 3 závity matice:

$$p = \frac{G}{S_p} \leq p_D \Rightarrow p = \frac{4248}{337,5} = \mathbf{12,59 \leq 40 \text{ MPa}} \quad (4.7)$$

Kde:

P – Rozteč závitu [mm]

d – Jmenovitý průměr závitu [mm]

d_1 – Malý průměr závitu [mm]

d_2 – Střední průměr závitu [mm]

z – Počet otláčovaných závitů [-]

p_D – Dovolené napětí na otláčení závitu ve stykových plochách [MPa]

m – Hmotnost zatížení [kg]

g – Gravitační zrychlení [m/s^2]

S_p – Otláčovaná plocha rozvinutých závitů [mm^2]

p – Tlak na první 3 závity matice [MPa]

G – Gravitační síla [N]

Z výsledků výpočtů jde vidět, že maximální napětí ve stykové ploše závitu matice je **12,59 MPa**. Toto napětí je menší než dovolené napětí na otláčení ve stykových plochách závitu **40 MPa**. Výsledkem je tedy, že matice se neotlačí.

5 Cenová kalkulace

Přípravek výrazně zrychlí a zjednoduší práci obsluze, oproti ručnímu vytloukání. Vlastní lis zlepší efektivitu výroby, snížením provozních nákladů a uvolněním silnějšího stroje na jiné výrobní procesy. Vlastní stroj může také sloužit i pro jiné účely, toto dále rozšiřuje možnost vyměnit v případě potřeby pneumatický válec za hydraulický. Cena materiálu a výroby **přípravku** je odhadována na **51 000 Kč**. Pokud jde o **výrobu vlastního stroje**, tak jeho celková cena je odhadována na **221 700 Kč**. Největší část ceny stroje tvoří jeho konstrukční část **190 000 Kč**. Zbytek ceny, **31 700 Kč**, lisu tvoří **pneumatický válec a další potřebné komponenty** nutné pro jeho provoz. **Celková** odhadovaná **cena** přípravku i s vlastním strojem je **272 700 Kč**. Podle těchto nákladů mohou ve firmě rozhodnout, zda se výroba přípravku či stroje vyplatí. Cenu hydraulického válce a agregátu neuvažují, protože nejsou nutné pro mou aplikaci s přípravkem na vytloukání lakovacích háčků. Cenu ručního nástroje na shazování háčků či cenu krabiček zanedbávám. (**tab. 5.1**)

Tabulka 5.1 – Náklady		
	Položka	Cena
Materiál a výrobní náklady	Konstrukce stroje	190 000 Kč
	Přípravek	51 000 Kč
	Suma:	241 000 Kč
Nakoupené komponenty	Pneumatický válec	3 700 Kč
	Příslušenství válce	1000 Kč
	Pneumatický terminál	4 000 Kč
	Dvojruční ovládání Schneider XY2	23 000 Kč
	Suma:	31 700 Kč
	Cena celkem:	272 700 Kč

Závěr

Cílem této bakalářské práce byl návrh konstrukčního řešení přípravku na vytloukání lakovacích háčků, který se skládá ze 2 částí a umožňuje rychlé vyhození všech háčků z lakovací lišty během 2 cyklů. Prvním krokem proto bylo seznámení se s problematikou výroby stabilizátoru a důvodem potřeby onoho přípravku.

Následně jsem se zabýval volbou vhodného stroje pro přípravek. Nejprve jsem zvolil jako vhodný rovnací lis RP6 VP (1000). Přípravek byl tedy navrhován pro tento lis, ale protože tento lis je velký a podstatně silnější, než je potřeba pro vytloukání lakovacích háčků, tak jsem se rozhodl, že by bylo vhodné pro přípravek navrhnout vlastní mobilnější lis.

V další kapitole jsem se věnoval samotnému konstrukčnímu řešení přípravku. Představuji zde důvody konkrétního konstrukčního řešení a také se zabývám popisem jednotlivých částí jak spodní, tak horní části přípravku. Dále se v této kapitole zabývám popisem funkce přípravku, tedy jak bude obsluha pomocí tohoto přípravku vyhazovat lakovací háčky z lišt.

Následující kapitola se zabývá konstrukčním řešením vlastního lisu, který byl navrhnout přímo pro přípravek na vytloukání lakovacích háčků. Zabývám se zde výhodami využití tohoto lisu namísto původně vybraného lisu RP6 VP (1000). Popisuji zde jednotlivé konstrukční části a důvody tohoto konstrukčního řešení. Také se zde zabývám příslušenstvím, které je nutné pro provoz lisu, a příslušenstvím, které zlepšuje bezpečnost a produktivitu práce s tímto lisem a přípravkem na vytloukání lakovacích háčků. Nedílnou součástí této kapitoly je kontrola jednotlivých kritických míst lisu pomocí MKP či analytických výpočtů. Součástí tohoto jsou i zhodnocení těchto výsledků.

V poslední kapitole jsem se věnoval cenovému ohodnocení výroby lisu a přípravku. Cena výroby přípravku je odhadována na 51 000 Kč a cena výroby vlastního stroje na 221 700 Kč. Z toho vyvozují, že cena výroby přípravku i s vlastním strojem je relativně vysoká, ale uvolnil by se silný lis RP6 VP (1000) pro jiné využití. Navíc vlastní lis je v případě potřeby možno využít i k jiným účelům. Pokud jde o cenu samotného přípravku, tak si myslím, že pro sériovou výrobu stabilizátoru je zjednodušení procesu vytloukání lakovacích háčků výhodné a zabrání případným prostojům.

Poděkování

Především bych chtěl poděkovat mému konzultantovi Ing. Danielu Kuračovi a mému konzultantovi ze společnosti, kterého z důvodů utajení nemůžu jmenovat, za odborné vedení, rady a čas věnovaný při konzultacích. Dále mému vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Friesovi, Ph.D. za rady a věcné připomínky ohledně zpracování mé BP. A nakonec své rodině a přátelům za trpělivost a podporu při vypracování bakalářské práce.

Literatura

- [1] PRATTE, Dave. Swaybar-tech-06. *Speed Academy* [online]. UK: BBA MEDIA, 2014, 26. 11. 2014 [cit. 2021-4-24]. Dostupné z: www.carthrottle.com/post/how-do-anti-roll-bars-actually-work/
- [2] Anti-roll bar. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-4-24]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Anti-roll_bar
- [3] Stabilizátor (odpružení). *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Stabiliz%C3%A1tor_\(odpru%C5%BEen%C3%AD\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Stabiliz%C3%A1tor_(odpru%C5%BEen%C3%AD))
- [4] VLK, František. Podvozky motorových vozidel. 3. přeprac., rozš., aktualiz. vyd. Brno: prof. Ing. František Vlk, DrSc, 2006. ISBN 80-239-6464-X.
- [5] CHVÁLA, B. a J. VOTAVA. Přípravky. 1. vydání. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1988. ISBN 04-240-88
- [6] LEINVEBER, Jiří a Pavel; VÁVRA. *Strojnické tabulky: 5. uprav. vyd.* 2011. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.
- [7] DIN 580. Misumi [online]. Frankfurt: Misumi, 2021 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: <https://uk.misumi-ec.com/vona2/detail/221006467019/>

Seznam příloh

- Příloha A – Výkres sestavení lisu s přípravkem na vytloukání lakovacích háčků
- Příloha B – Výrobní výkres těla lisu
- Příloha C – Výkres svařence těla lisu
- Příloha D – Výkres svařence stojanu
- Příloha E – Výkres sestavy celého přípravku
- Příloha F – Výkres sestavení spodní části přípravku
- Příloha G – Výkres sestavení horní části přípravku
- Příloha H – Pálicí výkres bočnice
- Příloha I – Výrobní výkres základní desky
- Příloha J – Výrobní výkres zadní desky
- Příloha K – Výrobní výkres nosného profilu
- Příloha L – Výrobní výkres upínací desky